MINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :
STITUT NATIONAL DES
DUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

EVRIER 1976 Mensuel — Nº 2 — Maandelijks FEBRUARI 1976

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

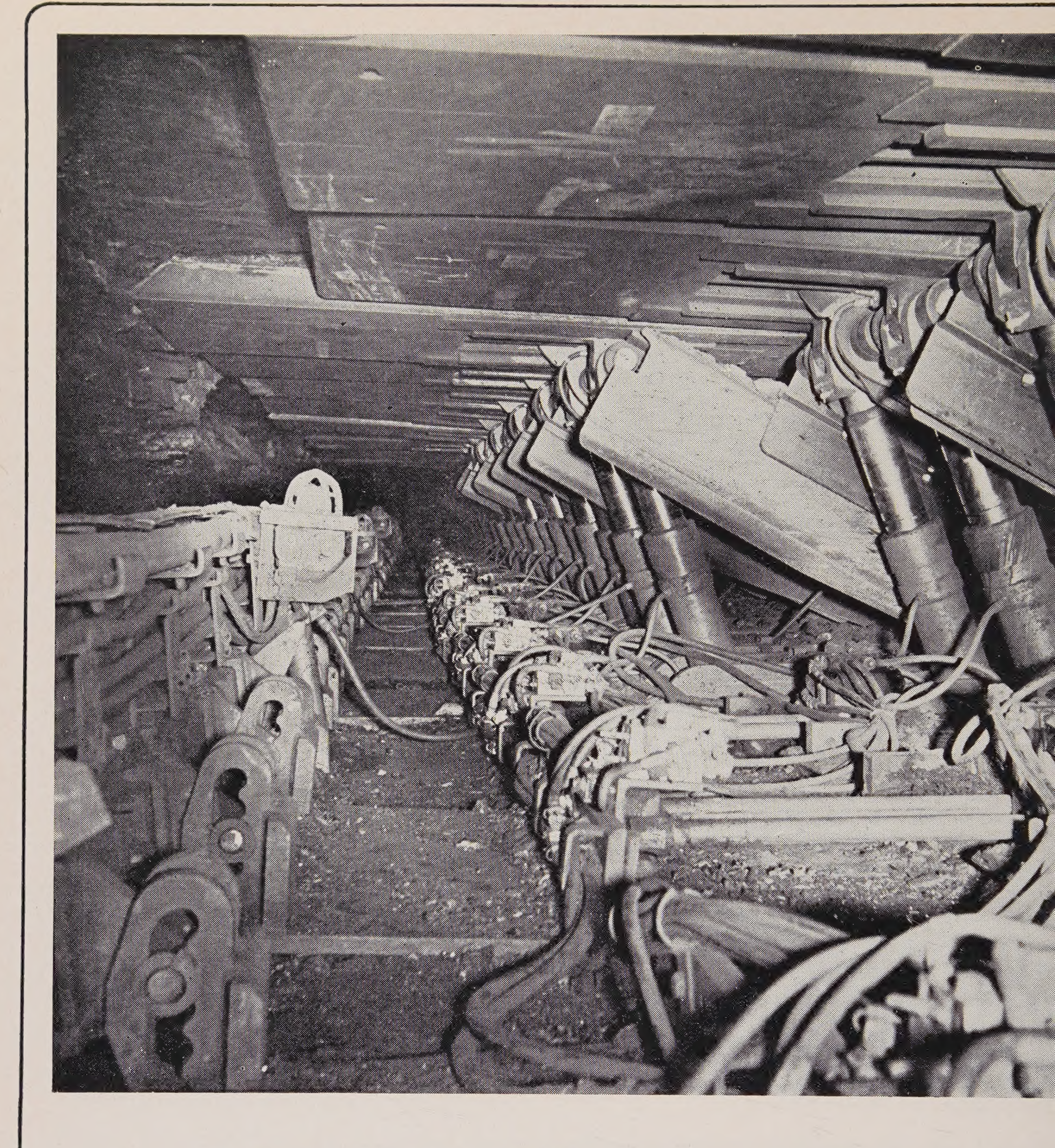
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

FEVRIER 1976 Mensuel — N° 2 — Maandelijks **FEBRUARI 1976**



ANNALES DES MINES
DE BELGIQUE

n° 2 — février 1976

ANNALEN DER MIJNEN
VAN BELGIE

nr. 2 — februari 1976

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Sommaire - Inhoud

DITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES
050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL
Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

épôt légal : D/1976/0168 Wettelijk Depot : D/1976/0168

BELGIQUE-BELGIE

MINES DE HOUILLE - STEENKOLENMIJNEN

NOVEMBRE-NOVEMBER 1975

BASSINS MINIERS / MIJNBEKKENS — Périodes / Perioden	Production nette / Netto produktie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. / Eigen verbr. en levering aan het pers.	Stocks / Voorraden t	Jours ouvrés / Gewerkte dagen	PERSONNEL — PERSONEEL: Nombre d'ouv. présents / Aantal aanwezig arb.: Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Indices - Indices: Taille / Pijler	Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Rendement (kg) / Rendement (kg): Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Présences (1) / Aanw. (%): Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Mouvem. main-d'œuvre / Werkkrachten schomm.: Belges / Belgen	Etrangers / Vreemdel.	Total / Totaal	Grisou capté et valorisé / Opgevangen en gevaloriseerd mijngas m³ à 8.500 kcal 0° C - 760 mm Hg
Hainaut - Henegouwen	85.830	7.465	53.757	19,00	2.549	3.874	0,238	0,596	0,923	1.678	1.084	65,14	71,13	— 2	— 46	— 48	1.492.735
Liège - Luik	34.954	6.699	30.134	18,16	1.144	1.559	0,234	0,629	0,860	1.590	1.162	75,52	78,43	— 2	— 13	— 15	
Campine - Kempen	511.393	28.134	758.541	19,83	11.829	15.590	0,103	0,448	0,595	2.233	1.680	85,86	87,63	+ 25	+ 56	+ 81	1.464.944
Le Royaume - Het Rijk	632.117	42.298	842.432	19,53	15.525	21.027	0,128	0,478	0,654	2.092[2])	1.528[2])	80,89	83,43	+ 21	— 3	+ 18	2.957.679
1975 Octobre - Oktober	698.839	51.701	868.529	23,00	14.403	19.782	0,128	0,469	0,650	2.133	1.538	77,44	80,63	— 56	— 117	— 173	4.455.934
Septembre - September	617.192	34.378	803.436	21,99	13.940	19.342	0,133	0,492	0,689	2.034	1.451	76,95	80,40	+ 142	+ 13	+ 155	3.651.073
1974 Novembre - November	684.980	52.587	227.820	19,24	15.827	21.686	0,128	0,458	0,635	2.184	1.576	81,99	84,48	+ 48	+ 338	+ 386	6.103.974
M.M.	675.915	46.823	243.710	20,06	14.579	20.472	0,130	0,444	0,629	2.254	1.590	80,70	83,26	— 758	+ 152	+ 606	5.034.404
1970 M.M.	1.022.392	93.227	214.909	18,80	21.479	30.162	0,157	0,438	0,625	2.284	1.599	83,13	85,37	— 151	— 146	— 297	4.555.460
1969 M.M.	1.100.040	90.639	630.744	19,57	25.339	35.067	0,170	0,473	0,664	2.112	1.506	82,37	84,54	—3381	—4830	—8221	5.783.024
1968 M.M.	1.233.846	94.468	1.735.082	20,28	30.101	40.787	0,184	0,506	0,705	1.976	1.418	83,55	85,55	— 200	— 315	— 515	5.393.912
1966 M.M.	1.458.276	104.342	3.045.509	19,72	40.231	54.455	0,219	0,569	0,787	1.758	1.270	85,07	86,66	— 435	— 617	—1052	4.938.413
1964 M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1.574	1.155	83,71	85,66	— 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1962 id.	1.768.804	124.240	1.350.544	21,56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,853	1.624	1.156	81,17	83,82	— 411	+ 2	— 409	5.848.183
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20,50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1.430	1.018	81,18	83,70	— 753	— 745	—1498	5.702.727
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23,43	82.537	112.943	0,35	0,86	1,19	1.156	838	84,21	86,29	— 357	— 300	— 657	7.443.776
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24,42	102.081	145.366	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	—	0,92	1,33	1.085	753	—	—	—	—	—	—
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24,10	105.921	146.084	—	1,37	1,89	731	528	—	—	—	—	—	—
1976 Semaine du 28-2 au 5-3 / Week van 28-2 tot 5-3	157.053		864.566	4,90	13.960	19.301				2.298	1.657	70,00	74,00				

N. B. — (1) Uniquement les absences individuelles. — Alléén individuële afwezigheid.
2) Sans les effectifs de maîtrise et de surveillance : Fond : 2.397 — Fond et surface : 1.723. — Zonder de sterkte van meester- en toezichtspersoneel : Ondergrond : 2.458 — Onder- en bovengrond : 1.741.

BELGIQUE
BELGIE

FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES
LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHEIDENE ECONOMISCHE SECTORS

NOVEMBRE 1975
NOVEMBER 1976

PERIODES / PERIODEN	Foyers domestiques, artisanat, commerce, administrations publiques	Huisbrand, klein-bedrijf, handel, openbare diensten	Cokeries / Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés / Agglomeratenfabr.	Centrales électr. publiques / Openbare elektr. centrales	Sidérurgie / IJzer- en staal-nijverheid	Fabrications métall. / Metaalverwerkende nijverheden	Métaux non ferreux / Non-ferro metalen	Chimie / Chemische nijverh.	Chemins de fer et autres transports / Spoorwegen en ander vervoer	Textiles, habillement, cuir / Textiel, kleding, leder	Denr. alim., boissons, tabacs / Voedingswaren, dranken, tabak	Produits minéraux non métalliques	Niet metalen delfstoffen	Pâtes à papier, papier / Papierpulp, papier	Industries diverses / Allerlei nijverheidstakken	Exportations / Uitvoer	Total du mois / Tot. v. d. maand
1975 Novembre - November	28.642		392.722	20.818	132.856	6.603	1.024	396	67	681	152	2.094	1.142		—	639	26.535	614.371
Octobre - Oktober	33.172		379.573	20.299	113.079	5.832	1.424	1.076	71	1.089	90	1.639	1.058		—	1.112	19.939	579.453
Septembre - September	31.536		259.239	12.820	114.764	7.287	2.022	1.282	62	631	26	1.162	757		—	579	19.458	451.625
1974 Novembre - November	54.625		387.297	22.939	77.381	6.353	1.404	4.877	51	1.755	230	2.484	1.792		—	746	33.654	595.588
M.M.	56.041		391.865	28.638	86.007	5.353	1.221	3.890	246	1.034	151	1.676	1.907		25	1.539	32.007	611.569
1970 M.M.	112.550		464.180	54.101	183.135	11.596	19.132	10.100	425	2.370	388	4.161	6.725		4.191	4.359	44.102	925.190
1969 M.M.	132.890		519.889	51.651	271.629	13.387	2.502	12.188	374	2.630	521	5.564	9.328		4.790	3.035	74.823	1.105.199
1968 M.M.	166.544 (2)		510.582	63.687	316.154	10.976	2.595	10.189	1.129	3.241	588	6.703	11.598 (3)		4.382	3.566	95.376	1.207.310
1966 M.M.	174.956	12.534	466.091	76.426	334.405	13.655	4.498	15.851	6.366	7.955	1.286	5.496	15.996	11.063	5.558	14.288	99.225	1.265.649
1964 M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.140	23.176	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.233	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	13.549	20.128	223.832	1.834.526
1960 M.M	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	21.416	189.581	1.770.641
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.657	14.102	708.921 (1)		275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.668

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Fours en activité / Ovens in werking: Batteries / Batterijen	Fours / Ovens	Charbon - Steenkolen (t) Reçu - Ontv.: Belge / Inheemse	Etranger / Uitheemse	Enfourné / In de oven geladen	Huiles combustibles / Stookolie (t)	COKE - COKES (t) Production - Produktie: Gros coke / Dikke cokes > 80 mm	Autres / Andere	Total / Totaal	Consomm. propre / Eigen verbruik	Livr. au personnel / Levering aan pers.	Débit - Afzet: Sect. domest., artisanat et admin. publ. / Huis. sektor, kleinbedrijf en openb. diensten (2)	(3)	Sidérurgie / IJzer- en staalnijverheid	Centr. électr. publiques / Openb. elektr. centrales	Transports / Vervoer	Autres secteurs / Andere sektors	Exportation / Uitvoer	Total / Totaal	Stock fin de mois / Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés / Tewerkgestelde arbeid.
Gras - Vetkool			368.720	210.767	529.412																
Autres - Andere			11.698	4.579	13.214																
Le Royaume - Het Rijk	41	1.382	380.418	215.346	542.626		363.966	51.363	415.329	35	1.666		4.064	402.428	—	10	7.171	40.100	453.773	143.304	3.102
1975 Oct. - Okt.	40	1.344	372.606	181.078	566.849		374.127	52.073	426.200	5	1.732		4.536	527.744	—	42	8.250	18.067	558.639	183.449	3.148
Sept. - Sept.	40	1.344	255.154	444.902	570.130		377.999	54.369	432.368	17	1.361		3.981	408.595	220	37	6.214	9.657	428.704	317.625	3.071
1974 Nov. - Nov.	45	1.472	403.771	569.633	847.806		537.748	99.765	637.513	25	1.603		5.238	591.944	69	71	15.707	44.646	657.730	255.065	3.233
M.M.	45	1.472	396.620	474.551	872.722		555.914	114.953	670.867	22	1.099		4.834	606.197	14	143	20.155	38.705	653.354	283.183	3.196
1970 M.M.	42	1.378	471.981	335.828	771.875	(4)	483.060	110.208	593.267	196	2.830		6.162	486.084	39	1.176	41.698	50.362	585.521	688.236	3.041
1969 M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066		9.084	513.846	21	903	39.480	40.250	563.335	82.874	3.039
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596	(4)	494.007	109.853	603.590	282	3.397		11.318	493.621	29	1.186	40.536	55.880	502.570	118.142	3.165
												(2)	(3)								
1966 M.M.	46	1.500	465.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	580.115	1.306	5.142	11.595	1.342	442.680	117	1.010	44.278	66.884	567.906	188.726	3.524
1964 M.M.	49	1.581	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562	1.833	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531	3.998
1962 M.M.	43	1.439	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405	2.342	473.803	159	1.362	46.384	53.450	591.905	217.789	4.310
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	2.973	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877	3.821
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	5.003	433.510	1.918	2.200	56.636	76.198	591.308	87.208	4.137
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

N.B. — (1) En hl. - In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE / BELGIE — NOVEMBRE 1975 / NOVEMBER 1975

COKERIES / COKESFABRIEKEN

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m³, 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg: Production / Produktie	Consomm. propre / Eigen verbruik	Débit - Afzet: Synthèse / Ammon. fabr.	Sidérurgie / Staalnijverh.	Autres indus. / Andere bedr.	Centrales élec. / Elek. centrales	Sous-produits / Bijprodukten (t): Goudron brut / Ruwe teer	Ammoniaque / Ammoniak	Benzol
Gaz de fours - Hoogovengas.	178.323	85.909	7.069	57.422	4.861	27.374			
Autres - Andere	—	13.745	—	4.444	—	—			
Le Royaume - Het Rijk	178.323	99.654	7.069	61.866	4.861	27.374	15.623	2.934	3.954
1975 Octobre - Oktober	187.284	102.647	8.913	72.168	8.271	19.500	15.426	3.118	3.888
Septembre - September	191.207	906.431	9.929	75.131	11.087	23.041	16.032	3.110	3.953
1974 Novembre - November	282.736	123.926	11.151	87.523	7.883	52.256	23.940	4.194	5.098
M.M.	275.138	151.001	12.043	98.876	7.919	53.854	23.714	4.379	4.769
1970 M.M.	264.156	132.455	19.397	80.926			19.471	3.995	4.586
1969 M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604			20.527	5.141	5.366
1968 M.M	273.366	131.861	32.096	81.331			21.841	5.874	5.567
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338			21.297	6.415	5.053
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988			23.552	6.764	5.470
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	17.162			23.044	6.891	5.239
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116			22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854			20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.334	—	—	—			16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334	—	—	—			14.172	5.186	4.636

FABRIQUES D'AGGLOMERES / AGGLOMERATENFABRIEKEN

PERIODE / PERIODE	Production - Produktie (t): Boulets / Eierkolen	Briquettes / Briketten	Total / Totaal	Consommation propre / Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel / Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. / Grondstoffen (t): Charbon / Steenkool	Brai / Pek	Ventes et cessions / Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois / Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés / Tewerkgestelde arbeid.
75 Nov. - Nov.	24.845	1.300	26.145	599	14.199	23.558	2.187	11.149	6.078	84
Oct. - Okt.	25.811	1.250	27.061	540	13.962	23.968	2.287	13.340	5.880	86
Sept. - Sept.	15.920	940	16.860	215	8.153	15.218	1.483	10.622	6.661	88
74 Nov. - Nov.	28.755	1.485	30.240	670	16.668	27.311	2.435	13.646	1.555	120
M.M.	33.775	940	34.715	603	12.418	32.016	2.872	22.117	3.112	123
1970 M.M.	59.178	2.920	62.098	2.101	16.990	58.556	4.751	43.469	24.951	230
1969 M.M.	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M.	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1966 M.M.	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1964 M.M.	109.081	10.337	119.418	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1962 M.M.	119.386	14.134	133.520	2.920	16.708	127.156	10.135	114.940	5.315	577
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M.	27.014	53.384	80.848	—	—	74.702	6.625	—	—	563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690		—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M.	—	—	217.387		—	197.274	—	—	—	1.911

(1) Chiffres indisponibles — Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE	**BRAI**	NOVEMBRE 1975
BELGIE	**PEK t**	NOVEMBER 1975

PERIODE	Quantités reçues - Ontvangen hoeveelheden: Orig. indig. / Inh. oorspr.	Importations / Invoer	Total / Totaal	Consomm. totale / Totaal verbruik	Stock fin du mois / Voorr. einde maand	Exportations / Uitvoer
1975 Nov. - Nov.	1.848	—	1.848	2.187	2.384	2.296
Oct. - Okt.	2.481	—	2.481	2.287	2.723	3.30(1)
Sept. - Sept.	2.066	—	2.066	1.483	1.529	—
1974 Nov. - Nov.	3.080	148	3.228	2.435	3.741	—
M.M.	2.626	815	3.441	2.872	4.623	—
1970 M.M.	4.594	168	4.762	4.751	6.530	193
1969 M.M.	5.187	6	5.193	5.564	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	14.882	274
1966 M.M.	4.079	382	4.461	6.329	46.421	398
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	1.080
1962 M.M.	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	—
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059		51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

(1) août-septembre — augustus-september

BELGIQUE	**METAUX NON-FERREUX**	NOVEMBRE 197
BELGIE	**NON FERRO-METALEN**	NOVEMBER 197

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten: Cuivre / Koper (t)	Zinc / Zink (t)	Plomb / Lood (t)	Etain / Tin (t)	Alum., Antim., Cadm., etc (t) / Alum., Antim., Cadm., enz. (t)	Poussières de zinc (t) / Zinkstof (t)	Total / Totaal (t)	Argent, or platine, etc. / Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Demi-finis - Half. pr.: Mét. préc. exc. / Edele metalen uitgezonderd (t)	Argent, or, platine, etc. / Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Ouvriers occupés / Te werk gestelde arbeiders
1975 Nov. - Nov.	30.203	17.343	9.487	535	723	3.634	61.925	84.541	37.283	1.718	14.781
Octobre - Oktober.	29.340	16.842	8.064	484	813	3.792	59.335	77.321	45.513	1.949	14.862
Sept. - Sept.	26.884	16.543	7.517	456	774	3.772	55.946	72.128	44.836	1.443	14.864
1974 Nov. - Nov.	27.041	28.015	6.512	362	645	7.472	67.317	68.565	40.599	1.520	16.166
M.M.	32.359	24.466	9.164	353	1.015	4.502	71.857	45.979	25.907	2.591	16.241
1970 M.M.	29.423	19.563	3.707	477			62.428	76.259	36.333	3.320	16.689
1969 M.M.	25 077	21.800	9.366	557			57.393	121.561	36.007	2.451	16.462
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497			59.486	85.340	32.589	1.891	15.881
1966 M.M.	25.286	20.976	7.722	548			55.128	37.580	32.828	2.247	18.038
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576			50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805			44.839	31.947	22.430	1.579	16.461
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871			43.336	24.496	16.604	1.944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850			36.155	23.833	12.729	2.017	16.227

BELGIQUE-BELGIE **SID**

PRO

PERIODE / PERIODE	Hauts fourneaux en activité / Hoogovens in werking	Produits bruts - Ruwe produkten: Fonte / Gietijzer	Acier en lingots / Staalblokken	Acier moulé av. ébard. / Gegoten staal voor afboording	Produits demi-finis - Half-produkten: Pour relamin. belges / Voor Belg. herwalsers	Autres / Andere	Aciers marchands / Handelsstaal	Profilés / Profielstaal
1975 Novembre - November	24	696.983	888.547	4.570	44.621	77.083	118.837	99.220
Octobre - Oktober	24	718.894	924.263	6.664	38.797	86.397	131.601	98.365
Septembre - September	24	688.709	902.255	9.001	45.985	105.031	64.088	99.199
1974 Novembre - November	38	1.019.659	1.297.763	6.249	84.785	97.534	214.659	116.414
M.M.	39	1.084.970	1.352.540	6.677	79.287	86.412	239.090	121.815
1970 M.M.	41	895.076	1.050.953	8.875	51.711	77.649	20.684	77.345
1969 M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360
1966 M.M.	40	685.805	743.506	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642
1964 M.M.	41	67.).548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572
1960 M.M.	53	546 (61	595.060	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973
				(1)				
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	61.951		70.980	39.383
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	37.839		43.200	26.010
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	127.083		51.177	30.219

(1) Fers finis - Afgewerkt ijzer. — (2) Tubes soudés Gelaste pijpen. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers

Importations - Invoer (t)

Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbon Steenkolen	Coke Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruikolen
C.E.C.A. - E.G.K.S.				
Allem. Occ. - W. Duitsl.	273.207	6.989	7.653	2.103
France - Frankrijk	8.341	10.205	560	—
Pays-Bas - Nederland	13	9.095	—	—
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk	13.627	3.217	—	—
Total - Totaal	295.188	29.506	8.213	2.103
PAYS TIERS - DERDE LANDEN				
E.U.A. - V.S.A.	49.513	1.703	—	—
Pologne - Polen	20.160	—	—	—
Espagne - Spanje	2.138	—	—	—
Rép. Dém. All. - Duitse Dem. Rep.	—	—	—	168
Tchécoslovaquie - Tsjechoslovakeije	2.811	—	—	—
Nord Vietnam - Noord Vietnam	3.956	—	—	—
Afrique du Sud - Zuid Afrika	11.425	—	—	—
Total - Totaal	90.003	1.703	—	168
Ens. Nov. - 1975 Samen Nov.	385.191	31.209	8.213	2.271
1975 Octobre - Oktober	356.449	39.333	8.402	2.305
Septembre - September	355.221	32.497	10.098	1.931
1974 Novembre - November	826.448	95.698	7.130	2.175
M.M.	790.469	112.616	7.295	2.829
Repartition - Verdeling :				
1) Sect. dom. - Huisel. sektor	116.023	933	8.195	2.771
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	270.953	30.599	—	—
3) Réexportation - Wederuit.	4.107	1.764	18	—
4) Mouv. stocks - Schom. voor.	—26.098	—2.087	—	—

Exportations - Uitvoer (t)

Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
CECA - EGKS			
Allemagne Occ. - W. Duitsl.	15.218	3.543	—
France - Frankrijk	3.584	6.174	1.574
Luxembourg - Luxemburg	26	14.235	—
Pays-Bas - Nederland	7.002	1.092	18
Total - Totaal	25.830	25.044	1.592
PAYS TIERS - DERDE LANDEN			
Espagne - Spanje	705	5.840	—
Suède - Sweden	—	3.884	—
Suisse - Zwitserland	—	82	225
Turquie - Turqije	—	5.001	—
Divers - Allerlei	—	249	226
Total - Totaal	705	15.056	451
Ens. Nov. - 1975 Samen Nov.	26.535	40.100	2.043
1975 Octobre - Oktober	19.939	18.067	1.542
Septembre - September	19.458	9.657	1.354
1974 Novembre - November	33.654	44.646	1.399
M.M.	32.007	38.705	2.101

N STAALNIJVERHEID NOVEMBRE-NOVEMBER 1975

TIE t

	Produits finis - Afgewerkte produkten								Produits finals Verder bew. prod.		
	Tôles fortes Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes Middeldikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet bekleed	Feuillards bandes à tubes Bandstaal Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galv., plomb. et étamées Verzinkte, verlode en vertinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
4	77.456	29.796	820	255.054	6.961	4.835	1.054	633.477	78.008	14.713	48.580
6	74.043	31.041	1.288	274.838	14.223	8.745	2.560	697.023	75.196	24.186	48.623
6	96.721	33.044	1.596	246.550	3.388	10.078	1.596	607.716	71.481	17.955	49.240
8	167.856	34.217	2.260	300.338	9.792	13.984	2.607	925.995	75.107	19.054	53.166
0	163.093	50.228	2.500	338.357	17.118	10.784	2.581	1.013.530	89.054	23.426	52.653
1	90.348	50.535	2.430	242.951	30.486	5.515	2.034	774.848	60.660	23.082	50.663
5	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313
1	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944
3	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651
1	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
8	41.258	7.369	3.526	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
7	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
										(2)	
4	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104
9	28.780	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
2	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
3	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

Production Produktie	Unité - Eenheid	Nov. - Nov. 1975	Oct. - Okt. 1975	Nov. - Nov. 1974	M.M. 1974
Porphyre - Porfier :					
Moëllons - Breuksteen . .	t	—	—	—	194
Concassés - Puin . . .	t	397.423	624.114	452.961	457.035
Petit granit - Hardsteen :					
Extrait - Ruw	m^3	35.833	47.734	37.717	30.123
Scié - Gezaagd	m^3	5.209	7.303	4.838	5.905
Façonné - Bewerkt . . .	m^3	803	1.098	1.067	9.833
Sous-prod. - Bijprodukten	m^3	47.899	65.238	43.799	28.914
Marbre - Marmer :					
Blocs équarris - Blokken .	m^3	249	182	134	221
Tranches - Platen (20 mm)	m^2	17.186	22.323	25.117	22.948
Moëllons et concassés - Breuksteen en puin . . .	t	123	133	405	823
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg	(c)	(c)	(c)	(c)
Grès - Zandsteen :					
Moëllons bruts - Breukst.	t	32.418	49.556	36.083	41.705
Concassés - Puin . . .	t	137.944	182.846	148.606	149.803
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek .	t	26	29	27	46
Divers taillés - Diverse .	t	3.243	5.340	3.777	4.055
Sable - Zand :					
pr. métall. - vr. metaaln.	t	77.544	90.024	104.958	117.638
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	174.418	115.782	149.900	160.054
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	790.182	1.252.224	719.886	957.002
Divers - Allerlei . . .	t	158.024	274.824	234.335	241.115
Ardoise - Leisteen :					
Pr. toitures - Dakleien .	t	—	—	151	165
Schiste ard. - Leisteen .	t	—	—	116	133
Coticule - Slijpstenen . .	kg				

Production Produktie	Unité - Eenheid	Nov. - Nov. 1975	Oct. - Okt. 1975	Nov. - Nov. 1974	M.M. 1974
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :					
Gravier - Grind . .	t	531.516	667.741	510.719	527.758
Sable - Zand . . .	t	74.151	97.704	75.370	78.424
Calcaires - Kalksteen . .	t	1.800.434	2.297.471	1.605.424	1.981.451
Chaux - Kalk	t	200.457	212.533	267.228	269.245
Carbonates naturels - Natuurcarbonaat . . .	t	27.579	34.890	27.089	29.925
Dolomie - Dolomiet :					
crue - ruwe	t	182.876	219.611	228.539	215.706
frittée - witgegloeide .	t	19.435	17.689	27.830	27.735
Plâtres - Pleisterkalk . .	t	25.956	28.114	7.841	8.517
Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m^2	1.535.373	1.753.680	1.712.693	1.860.444
Silex - Vuursteen :					
broyé - gestampt . .	t	174	213	237	480
pavé - straatsteen . .	t	—	—	—	—
Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet . .	t	36.945	43.171	28.092	36.691
Argiles - Klei	t	6.657	13.478	7.972	19.960
Personnel - Personeel :					
Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		7.446	7.545	8.201	8.221

(c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

;olloque sur la gazéification et a liquéfaction du charbon

)üsseldorf, du 12 au 16 janvier 1976

ompte rendu par / Verslag van
ierre LEDENT en Walter FASSOTTE *

INTRODUCTION

Durant la semaine du 12 au 16 janvier, un Collo-ue sur la Gazéification et la Liquéfaction du Charbon été organisé à Düsseldorf sous les auspices du omité du Charbon, de la Commission Economique our l'Europe, des Nations Unies.

En cette période de mutation dans le domaine de la roduction et de la distribution de l'énergie, cette ranifestation présentait un intérêt particulier par importante documentation qu'elle a permis de ras-embler et par les échanges de vue auxquels elle a onné lieu.

Nous tenterons de préciser les tendances qui se égagent de quatre journées d'exposés et de débats ans minimiser les incertitudes qui subsistent quant à orientation du marché de l'énergie, au cours des rochaines décennies.

Le Colloque sur la Gazéification et la Liquéfaction u Charbon a rassemblé à Düsseldorf 200 à 300 articipants. La participation allemande, particulière-ient nombreuse, a confirmé l'intérêt que les techni-iens continuent à porter à la valorisation et à la ansformation du charbon, dans un pays qui a été le erceau de la carbochimie.

Parmi les autres pays représentés, on note : Aus-alie, Autriche, Belgique, Canada, Espagne, Fin-ande, France, Hongrie, Italie, Pays-Bas, Pologne,

* Respectivement Directeur et Licencié en Sciences Chimiques, hargé de Recherches Principal, INIEX, rue du Chéra 200, B-4000 ège

Colloquium over de vergassing en liquefactie van steenkool

Düsseldorf, van 12 tot 16 januari 1976

INLEIDING

Tijdens de week van 12 tot 16 januari werd in Düsseldorf een Colloquium over de Vergassing en de Liquefactie van Steenkool georganiseerd onder de auspiciën van het Steenkoolcomité van de Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties.

In de huidige periode van verandering op het gebied van de energieproduktie en -distributie was deze gebeurtenis bijzonder interessant wegens de belangrijke documentatie die er werd samengebracht en de daaruit voortvloeiende gedachtenwisselingen.

Wij zullen trachten de tendens te omschrijven die tot uiting kwam bij de vier dagen van toespraken en debatten zonder de bestaande onzekerheid over de koers van de energiemarkt tijdens de volgende decennia tot een minimum te herleiden.

Het Colloquium over de Vergassing en de Liquefactie van Steenkool heeft in Düsseldorf 200 tot 300 deelnemers bijeengebracht. De bijzonder talrijke Duitse opkomst is een bevestiging van de belangstelling die de technici blijven hechten aan de valorisatie en de transformatie van steenkool, in een land waar eens de wieg stond van de carbochemie.

Als andere vertegenwoordigde landen waren er : Australië, Oostenrijk, België, Canada, Spanje, Finland, Frankrijk, Hongarije, Italië, Nederland, Po-

* Respectievelijk Directeur en Licentiaat in de Scheikunde, Eerstaanwezend gecommitteerd onderzoeker NIEB, rue du Chéra 200, B-4000 Liège.

République Démocratique Allemande, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Tchécoslovaquie, U.R.S.S., U.S.A. et Yougoslavie, ainsi qu'une délégation de la Commission des Communautés Européennes.

Au départ, le comité organisateur avait espéré pouvoir établir un certain équilibre entre les débats à caractère technique et les débats à caractère économique. En fait, la technique l'a emporté sur l'économie et cette prédominance apparaît de façon évidente dans le programme des réunions :

Lundi 12 :

— Séance d'ouverture
— Principes fondamentaux de la gazéification du charbon, par W. Peters (R.F.A.)
— La gazéification par les techniques classiques, par D. Elgin (Royaume-Uni)

Mardi 13 :

— La gazéification par les techniques de pointe, par P. Speich (R.F.A.)
— La gazéification du charbon et la production d'électricité, par W. Macura (Tchécoslovaquie)
— La gazéification souterraine, par P. Ledent (Belgique)

Mercredi 14 :

— La liquéfaction du charbon, par J. Leskiewicz (Pologne)
— Le rôle des gaz et liquides synthétiques obtenus à partir du charbon et les politiques gouvernementales connexes, par P. Read (Canada), K. Lyall (Australie) et B. Braubach (R.F.A.).

len, de Duitse Democratische Republiek, Roemeni het Verenigd Koninkrijk, Zweden, Tsjechoslowakij de U.S.S.R., de U.S.A. en Joegoslavië, evenals ee delegatie van de Commissie van de Europese G meenschappen.

Bij de aanvang, had het organisatiecomité gehoo een zeker evenwicht te kunnen handhaven tussen d technische en de economische debatten. De technie won het echter van de economie en dit overwic blijkt duidelijk uit het programma van de vergaderi gen :

Maandag 12 ;

— Opening
— Fundamentele beginselen van de steenkoo vergassing, door W. Peters (B.D.R.)
— Vergassing met klassieke technieken, door D. E gin (Verenigd Koninkrijk)

Dinsdag 13 :

— Vergassing met vooruitstrevende technieken door P. Speich (B.D.R.)
— Steenkoolvergassing en elektriciteitsprodukti door W. Macura (Tsjechoslowakije)
— De ondergrondse vergassing, door P. Leden (België)

Woensdag 14 :

— De liquefactie van steenkool, door J. Leskiewic (Polen)
— De rol van met steenkool verkregen synthes gassen en -vloeistoffen en de aanverwante reg ringsbeleidsvormen, door P. Read (Canada), K Lyall (Australië) en B. Braubach (B.D.R.).

EVOLUTION DES TECHNIQUES

Après un bref rappel de l'origine et de la composition des charbons et des lignites, le Professeur Peters dans son exposé introductif passe en revue la thermodynamique et les cinétiques de la gazéification en insistant sur l'influence de la pression de gazéification et sur les différences fondamentales que l'on observe suivant que l'on traite du charbon ou du lignite par gazéification à la vapeur d'eau ou à l'hydrogène (fig. 1 et 2).

Le Professeur Peters introduit ensuite les variantes qui sont à la base de la classification des procédés de gazéification en procédés autothermiques (chauffage interne par combustion partielle de la charge) et en procédés allothermiques (apport de chaleur d'origine extérieure par surfaces chauffantes ou par porteurs de chaleur).

Il aborde également les différents types de réacteurs : à lit fixe, à lit fluidisé et à lit entraîné.

* * *

EVOLUTIE VAN DE TECHNIEKEN

Na een korte verwijzing naar de oorsprong en d samenstelling van steenkool en ligniet geeft Profess Peters in zijn inleidingstoespraak een overzicht van d thermodynamica en de kinetica van de vergassin waarbij hij nader ingaat op de invloed van de verga singsdruk en de fundamentele verschillen die worde waargenomen naar gelang steenkool of ligniet wo den vergast met waterdamp of waterstof (fig. 1 en 2

Professor Peters handelt daarna over de variante die ten grondslag liggen aan de onderverdeling va de vergassingsprocédés in autothermische procédé (inwendige verbranding door partiële verbrandin van de lading) en in allothermische procédés (warn tetoevoer van buitenuit door verwarmende o pervlakken of door warmtedragers).

Hij handelt eveneens over de verschillende rea tortypes : met vast bed, gefluïdiseerd bed en bew gend bed.

* * *

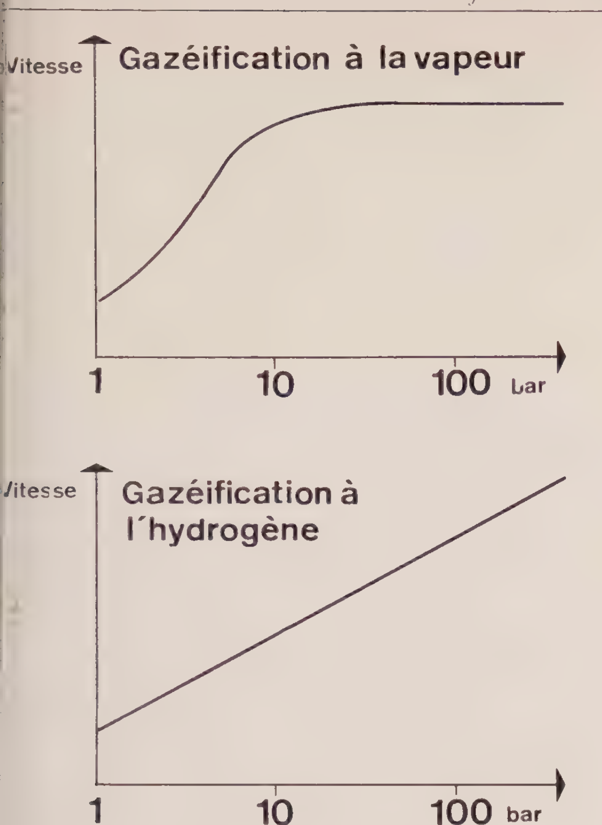
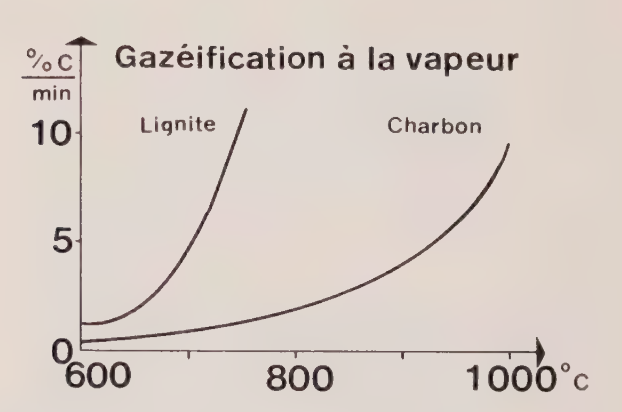


Fig. 1 *

Vitesse de gazéification en fonction de la pression (T < 1000°C)

Vergassingssnelheid naar gelang van de druk (T < 1000°C)

Gazéification à la vapeur — vergassing met stoom
Vitesse — snelheid
Gazéification à l'hydrogène — vergassing met waterstof



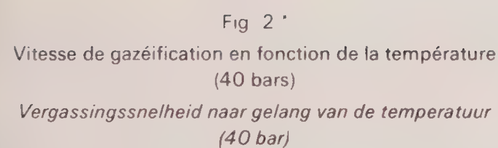
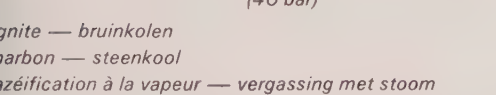


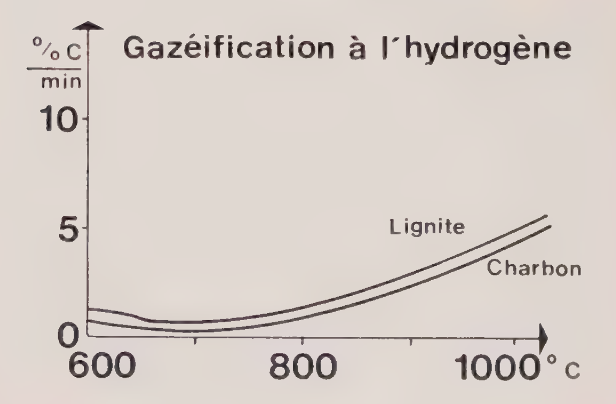
Fig 2 *

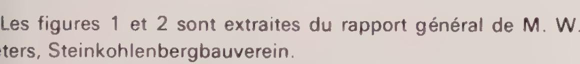
Vitesse de gazéification en fonction de la température (40 bars)

Vergassingssnelheid naar gelang van de temperatuur (40 bar)



gnite — bruinkolen
narbon — steenkool
azéification à la vapeur — vergassing met stoom
azéification à l'hydrogène — vergassing met waterstof





* Les figures 1 et 2 sont extraites du rapport général de M. W. eters, Steinkohlenbergbauverein.
eze twee figuren werden overgenomen uit het algemene verslag n de H. W. Peters, Steinkohlenbergbauverein.

M. Elgin rappelle les principales applications des techniques classiques de gazéification :

— production de gaz de synthèse en vue de la synthèse de l'ammoniaque, des alcools et des hydrocarbures ;
— production d'un substitut de gaz naturel par synthèse du méthane ;
— production d'hydrogène ;
— production de gaz réducteurs ;
— production de gaz combustibles, de faible pouvoir calorifique.

Il évoque ensuite les techniques de traitement communes à tous les procédés de gazéification :

— La *désulfuration* (par absorption du H_2S) qui permet d'éliminer plus de 90 % du soufre initialement contenu dans le charbon.
— L'*élimination du CO* par conversion catalytique à la vapeur d'eau.
— L'*élimination du* CO_2 par lavage.

La comparaison des conditions d'exploitation des trois procédés classiques de gazéification à l'oxygène conduit au tableau I.

De H. Elgin haalt de voornaamste toepassingen aa van de klassieke vergassingstechnieken :

— produktie van synthesegas met het oog op synthese van ammoniak, alcoholen en koolw terstoffen ;
— produktie van een substituut voor aardgas do methaansynthese ;
— produktie van waterstof ;
— produktie van reducerende gassen ;
— produktie van brandbare gassen met lag stookwaarde.

Hij brengt daarna de behandelingstechnieken te sprake welke gemeenschappelijk zijn voor alle ve gassingsprocédés :

— De *ontzwaveling* (door absorptie van H_2S) waa door meer dan 90 % van de aanvankelijk in d steenkool bevatte zwavel verwijderd kan worde
— De *verwijdering van CO* door katalytische wate dampomzetting.
— De *verwijdering van* CO_2 door wassing.

De vergelijking van de ontginningsomstandigh den van de drie klassieke vergassingsprocédés m zuurstof levert tabel 1.

Tableau I — Tabel I

Procédé	Winkler	Lurgi	Koppers-Totzek
Nature du lit *Aard van het bed*	fluidisé *gefluïdiseerd*	fixe *vast*	entraîné *bewegend*
Température maximale du gaz à la sortie (°C) *Maximumtemperatuur van het gas bij de uitlaat (°C)*	980	540	980-1420
Pression d'exploitation (bars) *Ontginningsdruk (bar)*	1	20-30	1
Oxygène consommé (kg / 1000 MJ) *Verbruikte zuurstof (kg / 1000 MJ)*	34,4	17,2	47,3
Rapport habituel vapeur / oxygène *Gewone damp / zuurstof verhouding*	3,4-3,7	3,5-5,5	0,5-0,7

Des recherches sont actuellement en cours en vue du perfectionnement des trois procédés.

Aux U.S.A., Davy-Power-Gas s'intéresse à la mise au point d'un gazogène Winkler qui opérerait à des pressions de l'ordre de 3 à 9 bars.

La Shell International (Pays-Bas) coopère avec Krupp-Koppers au développement d'un gazogène Koppers-Totzek qui fonctionnerait entre 15 et 30 bars.

En Ecosse, au Centre de Westfield, la British Gas, appuyée par Lurgi et par la société américaine Conoco, travaille à la mise au point d'un gazogène Lurgi à fusion de cendres qui aurait pour principaux avantages

— une augmentation de capacité unitaire,

Er zijn momenteel navorsingen aan de gang om d drie procédés te vervolmaken.

In de U.S.A. interesseert Davy-Power-Gas zich vo de uitwerking van een gasgenerator Winkler die b een druk van zowat 3 tot 9 bar zou werken.

Shell International (Nederland) werkt samen m Krupp-Koppers aan de ontwikkeling van een ga generator Koppers-Totzek die tussen 15 en 30 b zou werken.

In Schotland, in het Centrum van Westfield, wer British Gas, gesteund door Lurgi en de Amerikaans maatschappij Conoco, aan de uitwerking van ee gasgenerator Lurgi met assmelting, met als voo naamste voordelen :

— een toename van de eenheidscapaciteit,

- une réduction de la consommation de vapeur,
- et un élargissement de la gamme des charbons utilisables.

Le rapporteur estime que la situation actuelle de pnurie d'énergie peut conduire à un nouvel essor de utes ces techniques qui ont le mérite d'avoir été éjà appliquées avec grand succès dans de ombreuses parties du monde et qui sont encore usceptibles de perfectionnements.

* * *

Dans son rapport général sur la gazéification par les chniques de pointe, M. Speich distingue trois oupes de développements.

Dans un premier groupe, on trouve les perfectionements apportés en Europe aux procédés classiques e gazéification. A côté des études d'un gazogène urgi à fusion de cendres et d'un gazogène Kopers-Totzek à haute pression déjà mentionnées dans exposé de M. Elgin, la firme Otto poursuit le développement d'un gazogène à cendres fondues suivant procédé Otto-Rummel qui pourrait être utilisé usqu'à des pressions de 25 bars. Les Sociétés Veba, urgi et Ruhrchemie tentent de gazéifier le charbon ous pression en appliquant les techniques de gaéification des fuels liquides. La Société Rheinische raunkohlenwerke et l'Université Technique l'Aix-la-Chapelle travaillent au développement d'un rocédé Winkler à haute température, d'un gazogène faisceau tubulaire avec apport de chaleur extérieure, qui permettrait la gazéification directe de ignite humide à 60 % d'eau, et d'un procédé de azéification au contact d'un bain de plomb liquide.

Les procédés de la seconde génération, qui sont en oie de développement aux Etats-Unis depuis les anées 1960, ont en commun trois caractéristiques :

- l'utilisation de pressions élevées (40 à 70 bars),
- l'utilisation généralisée de la technique du lit fluidisé et
- l'utilisation de réacteurs à plusieurs étages, l'un des étages étant généralement réservé au dégazage et à l'hydrogazéification du charbon, alors que le semi-coke résiduaire est gazéifié à un autre étage et converti en un gaz hydrogéné utilisé pour l'hydrogazéification.

Le rapporteur passe en revue l'état de développeent de sept procédés qui sont parvenus au stade de expérimentation à l'échelle pilote ou à l'échelle emi-industrielle :

- le procédé Hygas développé par l'Institute of Gas Technology et par l'American Gas Association ;
- le procédé « CO_2-Acceptor » expérimenté par la Consolidation Coal Cy ;
- les procédés Synthane et Hydrane expérimentés par l'ERDA au Centre de Bruceton ;

— een beperking van het stoomverbruik,
— en een uitbreiding van het gamma bruikbare steenkolen.

De verslaggever is van oordeel dat de huidige energieschaarste kan leiden tot een nieuwe opleving van al deze technieken die als verdienste hebben dat zij reeds in verschillende werelddelen succesvol werden toegepast en nog kunnen worden vervolmaakt.

* * *

In zijn algemeen verslag over de vergassing met vooruitstrevende technieken onderscheidt de H. Speich drie ontwikkelingsgroepen.

Tot een eerste groep behoren de in Europa aangebrachte verbeteringen aan de klassieke vergassingsprocédés. Naast de in de toespraak van de H. Elgin reeds vermelde studies van een gasgenerator Lurgi met assmelting en een hogedrukgasgenerator Koppers-Totzek zet de firma Otto de ontwikkeling voort van een gasgenerator met gesmolten as volgens het procédé Otto-Rummel die tot een druk van 25 bar kan worden gebruikt. De maatschappijen Veba, Lurgi en Ruhrchemie trachten steenkool te vergassen onder druk door toepassing van de vergassingstechnieken voor vloeibare fuel. De maatschappij Rheinische Braunkohlenwerke en de Technische Universiteit van Aken werken aan de ontwikkeling van een procédé Winkler bij hoge temperatuur, een gasgenerator met pijpenbundel en uitwendige warmtetoevoer die de rechtstreekse vergassing van vochtig ligniet met 60 % water mogelijk maakt, en een vergassingsprocédé in contact met een vloeibaar loodbad.

De procédés van de tweede generatie die sedert 1960 in de Verenigde Staten worden ontwikkeld hebben drie gemeenschappelijke kenmerken :

— het gebruik van hoge druk (40 tot 70 bar),
— het algemeen gebruik van de techniek met gefluïdiseerd bed en
— het gebruik van meertrappige reactoren, waarbij een van de trappen algemeen dient voor de ontgassing en de hydrovergassing van steenkool, terwijl de residuhalfcokes vergast worden op een andere trap en omgezet worden in een gehydrogeneerd gas voor de hydrovergassing.

De verslaggever geeft een overzicht van de ontwikkeling van zeven procédés die het proefstadium of het semi-industriële stadium bereikten :

— het procédé Hygas ontwikkeld door het Institute of Gas Technology en door de American Gas Association ;
— het procédé « CO_2-Acceptor » beproefd door de Consolidation Coal Cy ;
— de procédés Synthane en Hydrane beproefd door de ERDA in het Centrum van Bruceton ;

— le procédé Coalcon développé par Union Carbide et Chemico ;
— le procédé Bi-Gas de la Bituminuous Coal Research ;
— et le procédé Texaco.

La troisième génération de procédés de gazéification comporte un ensemble de procédés allothermiques prévus pour utiliser la chaleur produite par des réacteurs nucléaires à haute température refroidis à l'hélium.

Ces nouveaux procédés qui combinent la production de gaz et d'électricité sont en voie de développement en République Fédérale, dans le cadre d'un vaste programme auquel participent les Rheinische Braunkohlenwerke, le Kernforschungsanlage (Jülich) et le Bergbau-Forschung (Essen).

Le chauffage des gazogènes par l'énergie nucléaire entraîne une augmentation considérable du rendement de gazéification et une réduction correspondante de la consommation de charbon. Les résultats donnés au tableau II peuvent être escomptés.

Tableau II

Produit	Rendement de gazéification	Rendement global
SNG autothermique	80 %	70 %
Avec chauffage *nucléaire*		
SNG	110 %	65 %
Gaz de ville	120 %	69 %
H_2	127 %	70 %
Gaz à l'eau	127 %	70 %
Méthanol	116 %	66 %

Sur le plan économique, l'opération se traduit par une réduction de prix de revient de l'ordre de 30 à 40 %.

Le rapporteur termine son exposé en soulignant l'importance des efforts déjà accomplis pour le développement de tous ces nouveaux procédés, mais aussi les nombreux problèmes qui restent à résoudre avant que leur développement commercial puisse être envisagé.

* * *

Le rapport général de M. Macura est consacré à la gazéification combinée à la production d'électricité. La centrale Kellermann, construite à Lünen par la Steinkohlen-Elektrizität AG (STEAG) en collaboration avec la Société Lurgi, constitue la première applica-

— het procédé Coalcon ontwikkeld door Unio Carbide en Chemico ;
— het procédé Bi-gas van Bituminuous Coal R search ;
— en het procédé Texaco.

De derde generatie vergassingsprocédés omva een geheel van allothermische procédés voor de aa wending van de geproduceerde warmte door h liumgekoelde kernreactoren bij hoge warmte.

Deze nieuwe procédés die de produktie van gas e elektriciteit combineren worden in de Duits Bondsrepubliek ontwikkeld in het kader van een ui gebreid programma waaraan de Rheinische Brau kohlenwerke, de Kernforschungsanlage (Jülich) e de Bergbau-Forschung (Essen) deelnemen.

De verwarming van de gasgenerators door ker energie veroorzaakt een aanzienlijke stijging van h vergassingsrendement en een overeenstemmend beperking van het steenkoolverbruik. De volgend resultaten van tabel II kunnen worden verwacht.

Tabel II

Produkt	Vergassings-rendement	Globaal rendemen
SNG autothermisch	80 %	70 %
Met *kern*verwarming		
SNG	110 %	65 %
Stadsgas	120 %	69 %
H_2	127 %	70 %
Watergas	127 %	70 %
Methanol	116 %	66 %

Op economisch vlak betekent dit een beperkin van de kostprijs met zowat 30 tot 40 %.

De verslaggever beëindigt zijn uiteenzetting e onderstreept het belang van de reeds gedane in spanningen voor de ontwikkeling van al deze nieuw procédés, maar ook de talrijke nog op te lossen pro blemen alvorens ze commercieel kunnen worde ontwikkeld.

* * *

Het algemene verslag van de H. Macura is gewij aan de vergassing gecombineerd met elektric teitsproduktie. De centrale Kellermann, gebouwd i Lünen door de Steinkohlen-Elektrizität AG (STEAG) i samenwerking met de Maatschappij Lurgi, is de ee ste industriële toepassing van dit soort. Zij verenig

ion industrielle du genre. Elle associe cinq gazogènes gaz pauvre fonctionnant sous pression de 21 bars à ne centrale à cycles combinés gaz-vapeur d'une uissance installée de 170 MW.

La combinaison de la gazéification du charbon et de production d'électricité présente différents avantaes :

- l'épuration des gaz avant combustion élimine presque entièrement les polluants solides et arrête environ 90 % des composés sulfurés ;
- l'application du cycle mixte gaz-vapeur permet d'escompter une augmentation du rendement de conversion de la chaleur en électricité ;
- les frais d'investissement sont moins élevés que dans une centrale classique et les quantités d'eau de refroidissement exigées par les condenseurs sont sensiblement plus réduites.

Aux U.S.A. et en U.R.S.S., on étudie le développement de nouveaux procédés du même type dans esquels la gazéification du charbon serait réalisée ans un gazogène à lit fluidisé opérant sous pression.

En R.F.A., la Vereinigte Elektrizitätswerke Westfaen (VEW) étudie un autre procédé qui vise à réaliser ne production combinée de gaz et d'électricité.

Dans une première étape, le charbon serait dégazé t transformé en semi-coke par un traitement de gaéification au moyen d'air et de vapeur.

La majeure partie du soufre passerait dans le gaz ous forme de H_2S, ce qui permettrait son élimination ar lavage.

Le résidu de semi-coke, pauvre en soufre, serait tilisé pour la production d'électricité dans une entrale thermique classique, le gaz épuré pouvant tre réinjecté dans la chaudière ou utilisé à d'autres ins.

vijf gasgenerators met arm gas die werken bij een druk van 21 bar in een centrale met gecombineerde gas-stoomkringlopen met een geïnstalleerd vermogen van 170 MW.

De combinatie van de steenkoolvergassing en de elektriciteitsproduktie heeft verschillende voordelen :

— de zuivering van de gassen vóór de verbranding verwijdert vrijwel geheel de vaste polluenten en vangt ongeveer 90 % van de zwavelstofverbindingen op ;
— door toepassing van de gemengde gasstoomkringloop kan een toename worden verwacht van het omzettingsrendement van warmte in elektriciteit ;
— de investeringskosten liggen niet zo hoog als in een klassieke centrale en de vereiste hoeveelheden koelwater voor de koelers zijn veel geringer.

In de U.S.A. en in de U.S.S.R. bestudeert men de ontwikkeling van nieuwe procédés van hetzelfde type waarbij de steenkoolvergassing zou plaatsvinden in een gasgenerator met gefluïdiseerd bed die onder druk werkt.

In de B.R.D. bestudeert de Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen (VEW) een ander procédé dat de realisatie beoogt van een gecombineerde produktie van gas en elektriciteit.

In een eerste fase zou de steenkool worden ontgast en omgevormd tot halfcokes door een vergassingsbehandeling door middel van lucht en stoom.

Het grootste gedeelte van de zwavel zal in het gas worden opgenomen in de vorm van H_2S waardoor het door wassing kan worden verwijderd.

Het halfcokesresidu dat arm is aan zwavel zal in een klassieke warmtecentrale worden aangewend voor de produktie van elektriciteit en het gezuiverde gas kan opnieuw in de ketel worden geïnjecteerd of gebruikt voor andere doeleinden.

* * *

Le rapport général sur la gazéification souterraine u charbon retrace l'historique du procédé et les déeloppements récents qu'il a connus en U.R.S.S., en chécoslovaquie et aux U.S.A.

L'U.R.S.S. a joué un rôle de pionnier en développant une méthode d'exploitation par filtration au noyen de sondages réalisés à partir de la surface. lusieurs installations sont en fonctionnement depuis 5 à 20 ans et la régularité de leur production montre ue les techniciens soviétiques ont maîtrisé les proèmes inhérents à ce genre d'exploitation.

L'augmentation du coût de l'énergie a provoqué un egain d'intérêt pour cette méthode qui économise les

Het algemene verslag over de ondergrondse vergassing van steenkool schetst nogmaals het historische overzicht van het procédé en de recente ontwikkeling die het in de U.S.S.R., Tsechoslowakije en de U.S.A. kende.

De U.S.S.R. heeft de rol van pionier gespeeld door de ontwikkeling van een ontginningsmethode met filtratie door middel van boringen vanaf de bovengrond. Verschillende installaties werken reeds 15 tot 20 jaar lang en de regelmatige produktie toont aan dat de Russische technici de problemen i.v.m. dit ontginningsgenre onder de knie hebben.

De toename van de energiekostprijs heeft opnieuw de belangstelling opgewekt voor deze methode welke

investissements nécessaires à la création des charbonnages et des gazogènes de surface et qui n'implique aucune intervention manuelle pour la préparation du gazogène souterrain.

Cependant, dans sa conception actuelle, la gazéification souterraine présente un certain nombre d'inconvénients qui limitent ses possibilités de développement.

Elle n'est applicable qu'à des gisements vierges, en couches relativement épaisses, situées à faible profondeur. Elle peut interférer avec les nappes aquifères superficielles et s'accompagner d'importantes pertes de gaz, en raison du manque d'étanchéité du gazogène souterrain.

Pour surmonter ces difficultés, de nouveaux projets sont à l'étude aux U.S.A., en R.F.A. et en Belgique. Les méthodes proposées sont des méthodes par sondages destinées à l'exploitation des gisements profonds. Suivant le but poursuivi, l'agent gazéifiant pourrait être de l'air, de l'hydrogène ou un mélange d'oxygène et de vapeur d'eau, mais, dans tous les cas, cet agent serait utilisé sous haute pression (de 15 à 70 bars) en recourant éventuellement à une variation cyclique de la pression d'injection.

Les calculs économiques, que l'on peut effectuer a priori, montrent que l'exploitation des gisements profonds par gazéification souterraine à haute pression pourrait concurrencer l'exploitation des gisements superficiels par gazéification souterraine à basse pression. De plus, l'étanchéité des terrains, à grande profondeur, libérerait le procédé des inconvénients inhérents aux fuites de gaz et aux risques de pollution des nappes aquifères.

* * *

Le rapport général de J. Leskiewicz fait le point sur l'état actuel des techniques fondamentales de la liquéfaction du charbon.

La conversion du charbon par les techniques de liquéfaction est une des pièces importantes de l'ensemble des programmes de recherches et développements exécutés aux Etats-Unis, en Union Soviétique, au Royaume-Uni, en R.F.A. et en Pologne.

Après un rappel des principaux travaux sur la structure moléculaire du charbon, travaux qui ont abouti à le présenter sous un aspect de polymère, le rapporteur aborde les procédés permettant de remplacer les dérivés du pétrole par des produits obtenus par extraction et hydrogénation du charbon.

En général, la conversion du charbon en carburant requiert 5 étapes (cfr schéma)

de benodigde investeringen voor de oprichting va steenkolenmijnen en bovengrondse gasgenerato bespaart en geen handenarbeid vergt voor de bere ding van de ondergrondse gasgenerator.

In de huidige opvatting heeft de ondergronds vergassing evenwel een zeker aantal nadelen die c ontwikkelingsmogelijkheden ervan beperken.

Zij is slechts van toepassing op onontgonnen o diepe afzettingen met betrekkelijk dikke lagen. Zij ka interfereren met de oppervlakkige waterlagen en g paard gaan met aanzienlijke gaslekken wegens d ondichtheid van de ondergrondse gasgenerator.

Om deze moeilijkheden te overwinnen worde nieuwe projecten bestudeerd in de U.S.A., de B.R.D en België. De voorgestelde methodes zijn die m boringen bestemd voor de ontginning van diepe a zettingen. Volgens het beoogde doel kan het verga singsmiddel lucht, waterstof of een mengsel va zuurstof en waterdamp zijn, maar dit middel moet i elk geval onder hoge druk worden gebruikt (van 1 tot 70 bar) waarbij eventueel een beroep wordt g daan op een cyclische verandering van de inje tiedruk.

De economische berekeningen die a priori kunne worden gemaakt tonen aan dat de ontginning va diepe afzettingen door ondergrondse vergassin onder hoge druk zou kunnen wedijveren met de on ginning van oppervlakkige afzettingen door onde grondse vergassing onder lage druk. Bovendien zo de dichtheid van de gesteenten op grote diepte h procédé vrijwaren van de nadelen van de gaslekke en het verontreinigingsgevaar voor de waterlagen.

* * *

Het algemene verslag van J. Leskiewicz maakt d balans op van de huidige stand van de fundamentel liquefactietechnieken voor steenkool.

De omzetting van steenkool door de liquefac tietechnieken is een belangrijk deel van het gehe van de onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma' welke in de Verenigde Staten, de Sovjet-Unie, h Verenigd Koninkrijk, de B.R.D. en Polen worden ui gevoerd.

Na een herhaling van de voornaamste werken ove de moleculestructuur van steenkool die haar voo stellen als een polymeer, behandelde de verslaggeve de procédés welke de aardoliederivaten kunnen ve vangen door produkten verkregen door stee koolextractie en -hydrogenering.

In het algemeen vereist de omzetting van steenko in brandstof 5 stadia (cf. schema).

Etapes de conversion des charbons en carburant

éfaction	Enlèvement des cendres et résidus solides	Elimination de S. N et O Conversion des asphaltènes	Craquage	Amélioration de l'indice d'octane
lrogénolyse itement par s solvants lonneurs hydrogène	Filtration	Emploi de catalyseurs sélectifs		

Omzettingsstadia van steenkolen in brandstof

Liquefactie	Verwijdering van as en vaste residu-stoffen	Verwijdering van S, N en O Omzetting van de asfaltenen	Kraken	Verbetering van de octaan-index
Hydrogenolyse Behandeling met waterstof-afgevende solvents	Filtratie	Gebruik van selectieve katalysators		

La première consiste à transformer la phase solide harbon en une phase liquide ; la seconde à éliminer présence des matières minérales et des résidus lides ; la troisième comprend l'enlèvement des hé-ro-atomes S, N, O, ainsi que la transformation par ydrogénation des asphaltènes (structures aromati-ues polynucléaires résultant de la liquéfaction) ; la uatrième a pour but de réduire la taille moléculaire es produits par craquage ; la cinquième qui consiste améliorer l'indice d'octane est analogue à l'étape quise pour le traitement des produits pétroliers (re-rming).

Deux voies sont actuellement en cours d'expéri-entation :

Het eerste bestaat erin de vaste steenkoolfase om te zetten in een vloeibare fase ; het tweede de minerale bestanddelen en vaste residustoffen te verwijderen ; het derde de hetero-atomen S, N, O te verwijderen evenals de asfaltenen om te vormen door hydrogenering (aromatische meerkernige structuren ten gevolge van de liquefactie) ; het vierde heeft tot doel de moleculegrootte van de produkten te beperken door ze te kraken ; het vijfde dat erin bestaat de octaanindex te verbeteren is analoog met het voor de behandeling van aardolieprodukten (reforming) vereiste stadium.

Momenteel worden twee mogelijkheden beproefd :

. Le procédé par extraction

Sous l'action de solvants et sous pression, on peut lubiliser une partie importante de la matière orga-que. Le résidu est constitué principalement des mposants minéraux et de l'inertinite. Pour obtenir rendement élevé, le charbon doit être broyé fine-ent ($\sim$ 70 % $<$ 60 μ). Comme solvant d'extraction utilise, soit des huiles de recyclage, soit un mé-nge de tétraline et de crésol qui peut dissoudre squ'à 80 % du charbon. Les solvants donneurs hydrogène, par exemple des fractions d'hydro-rbures naphténiques, conviennent particulière-ent bien. L'addition d'hydrogène peut améliorer les sultats. La température d'extraction doit se situer en essous de la température de décomposition du harbon 380-410°C et la pression nécessaire entre 00-200 bars. L'extrait se présente sous la forme une masse vitreuse solide avec un point de ramol-ssement de 200 à 240°C. A l'état fondu, l'extrait eut être considéré techniquement comme un ersatz huile lourde et il est déjà utilisé tel quel pour la brication de cokes d'électrode pauvres en cendres en soufre.

Dès 1963, l'Office of Coal Research a soutenu le éveloppement du procédé. Jusqu'à présent, deux stallations de grande taille ont été érigées.

Le procédé C.S.F. de la « Consolidation Coal Cy, ttsburgh », utilise ce mode de travail au moyen une installation pilote de 20 t/jour d'extrait, avec

1. Het extractieprocédé

Door inwerking van solvents onder druk kan een groot gedeelte van de organische stof oplosbaar worden gemaakt. Het residu bestaat hoofdzakelijk uit minerale bestanddelen en inertiniet. Om een hoog rendement te verkrijgen moet de steenkool zeer fijn gemalen worden ($\sim$ 70 % $<$ 60 μ). Als extractiesolvent gebruikt men ofwel terugwinningsoliën, ofwel een mengsel van tetraline en cresol dat tot 80 % van de steenkool kan oplossen. De waterstofafgevende solvents, bij voorbeeld fracties van naftenische koolwaterstoffen, zijn bijzonder geschikt. De toevoeging van waterstof kan de resultaten verbeteren De extractietemperatuur moet lager liggen dan de ontbindingstemperatuur van steenkool 380-410°C en de benodigde druk tussen 100-200 bar. Het extract doet zich voor in de vorm van een vaste glasachtige massa met een verwekingspunt van 200 tot 240°C. In gesmolten toestand kan het extract technisch worden beschouwd als een afvalprodukt van zware olie en het wordt reeds als dusdanig aangewend voor de vervaardiging van electrodecokes die arm zijn aan as en zwavel.

Sedert 1963 heeft het Office of Coal Research de ontwikkeling van het procédé gesteund. Tot nog toe werden er twee grote installaties opgericht.

Het procédé C.S.F. van de « Consolidation Coal Cy, Pittsburgh », gebruikt deze werkwijze door middel van een proefinstallatie van 20 t/dag extracten,

comme première étape une extraction sous pression au moyen d'un solvant naphténique. Le charbon dépolymérisé et mis en solution est séparé du résidu solide par centrifugation. Au cours d'une seconde étape, l'extrait décendré est hydrogéné dans un réacteur à lit bouillonnant en présence d'un catalyseur. Les huiles synthétiques brutes obtenues (densité 0,86) doivent être converties en carburant selon les méthodes usuelles de traitement des huiles brutes.

La « Pittsburgh and Midway Coal Mining Cy » et l'Office of Coal Research ont développé en commun le procédé dénommé « Solvent-Refined-Coal-Process » (SRC) et une installation de 50 t/jour d'extrait a été mise en route en 1974 à Tacoma, Washington.

D'autres travaux de développement du procédé d'extraction ont été entrepris au Royaume-Uni par le National Coal Board, en Afrique du Sud par la Sasol, en Pologne par la division Carbochimie de l'Institut Central des Mines et en R.F.A. au Bergbau-Forschung GmbH d'Essen.

Des discussions qui ont suivi l'exposé du rapporteur, il ressort que la séparation du résidu solide provenant de l'extrait reste une étape difficile et que de nouvelles recherches sont nécessaires pour améliorer la filtration et concevoir de nouveaux types d'appareils. Le coût de la filtration et la valorisation du gâteau de filtre au moyen d'un processus supplémentaire restent, dans l'état actuel de la technique, des postes importants pour l'économie du procédé.

2. Le procédé d'hydrogénation catalytique sous pression

Par rapport au procédé d'extraction, l'utilisation de pressions et de températures élevées, en présence d'une quantité plus importante d'hydrogène et de catalyseurs, conduit à une dépolymérisation et à une décomposition accentuée de la matière organique du charbon en huiles, essence et gaz. A l'opération de liquéfaction se superposent un craquage et une hydrogénation substantielle. Ce procédé d'hydrogénation est réalisé en deux stades, le premier en phase pâteuse, le second en phase gazeuse.

En phase pâteuse, le charbon mélangé à de l'huile et en présence d'un catalyseur résistant au soufre est hydrogéné à une température de 450 à 500°C et sous une pression de 300 à 700 atm. Les produits de décomposition à l'état gazeux sont soutirés du réacteur et craqués sur un catalyseur approprié. Par un choix judicieux du type de catalyseur, de la température et de la pression, la réaction en phase gazeuse est orientée vers la production, soit d'huiles légères, soit d'essence.

met als eerste stap een extractie onder druk doo middel van een naftenisch solvent. De gedepolym riseerde en opgeloste steenkool wordt gescheide van het vaste residu door centrifugatie. Tijdens ee tweede stap wordt het ontaste extract gehydrog neerd in een reactor met ziedend bed in aanwezighei van een katalysator. De verkregen ruwe synthes oliën (dichtheid 0,86) moeten in brandstof worde omgezet volgens de gewone behandelingsmethode voor ruwe oliën.

De « Pittsburgh and Midway Coal Mining Cy » e het Office of Coal Research hebben gemeenschapp lijk het procédé, « Solvent-Refined-Coal-Process (SRC) genoemd, ontwikkeld en een installatie van 5 t/dag extracten werd in 1974 in Tacoma, Washing ton in werking gesteld.

Andere ontwikkelingswerkzaamheden van het ex tractieprocédé werden ondernomen in het Verenig Koninkrijk door de National Coal Board, in Zuid-Afrik door Sasol, in Polen door de afdeling Carbochemi van het Centraal Mijninstituut en in de B.R.D. in d Bergbau-Forschung GmbH van Essen.

Uit de discussies die volgden op de toespraak va de verslaggever blijkt dat de scheiding van het vast residu uit het extract een moeilijke stap blijft en dat e nieuwe navorsingen nodig zijn om de filtratie te be vorderen en nieuwe toesteltypes te ontwerpen. D kostprijs van de filtratie en de valorisatie van de fi terkoek door middel van een bijkomend proces bli ven in de huidige stand van de techniek belangrijk posten voor de economie van het procédé.

2. Het katalytisch hydrogeneringsprocéd onder druk

Ten opzichte van het extractieprocédé leidt h gebruik van hoge druk en temperaturen, in aanw zigheid van een grotere hoeveelheid waterstof en va katalysatoren, tot een depolymerisatie en een ui gesproken ontbinding van de organische stof va steenkool in oliën, benzine en gas. Bij de liquefacti komen nog het kraken en het doorgedreven hydr generen. Dit hydrogeneringsprocédé gebeurt in twe stadia, het eerste in deegfase, het tweede in gasfase

In deegfase wordt de met olie vermengde stee kool in aanwezigheid van een zwavelbestande kat lysator gehydrogeneerd bij een temperatuur van 45 tot 500°C en onder een druk van 300 tot 700 atm. D ontbindingsprodukten in gastoestand worden aan d reactor onttrokken en gekraakt op een geschikte k talysator. Door een oordeelkundige keuze van h katalysatortype, van de temperatuur en de dru wordt de reactie in gasfase gericht naar de produkti van ofwel lichte oliën, ofwel benzine.

Dergelijke hydrogeneringsproefeenheden werde gebouwd door de « Consolidation Coal Cy » in Cr

Des unités d'hydrogénation pilotes de ce type ont té construites par la « Consolidation Coal Cy » à resap (U.S.A.) et par la « Hydrocarbon Research ıc., H-coal process ».

Une grande partie de l'exposé du rapporteur traite es nouveaux systèmes catalytiques d'hydrogénation es charbons, mis au point en grande partie par le JSBM et qui sont à la base de la seconde génération es installations pilotes d'hydrogénation.

L'emploi de nouveaux systèmes catalytiques 'hydrogénation tels que : l'hydrogène actif « naisant » généré in situ, les complexes des métaux de ansition, l'emploi massif de catalyseurs halogénés $SnCl_2$, $ZnCl_2$), la réduction électrochimique, pouraient déboucher dans un avenir proche sur de ouvelles solutions techniques du processus 'hydrogénation du charbon.

PERSPECTIVES ECONOMIQUES

Si la plupart des pays membres de la Commission conomique pour l'Europe ont apporté une imporante contribution à la partie technique du Colloque, es contributions relatives aux perspectives écononiques sont en nombre réduit. Cette absence de erspectives traduit l'incertitude dans laquelle se rouvent la plupart des pays industriels en matière de olitique énergétique.

Peu avant la guerre du Kippour, l'OCDE avait établi n programme à moyen terme concernant le dévepppement de la production d'énergie dans les pays ccidentaux. La réalisation de ce programme, qui onstituait une extrapolation plausible des rythmes e croissance des années précédentes, paraissait, a riori, ne pas devoir poser de problèmes majeurs ; nais dès le lendemain de la guerre du Kippour, toutes es conclusions sont apparues caduques et toutes les révisions ont dû être remises en question.

La hausse du coût de l'énergie n'est cependant pas cause de nos problèmes et les facteurs qui ont ntraîné le rattrapage des prix, après une longue péode de stagnation, étaient prévisibles dès les années 0.

Dans son exposé introductif, M. Janssens, Direceur de l'Energie à la Commission Economique pour Europe, souligne que ce qui a changé depuis la crise e 1973, ce n'est pas la réalité des facteurs conernant les productions et les réserves mondiales, nais notre perception du problème de l'économie, de croissance et de l'écologie. Cette évolution des sprits nous conduit :

– à prévoir un ralentissement de la croissance de nos besoins en énergie ;
– à réfléchir sur la possibilité de recourir à des sources d'approvisionnement plus sûres ;

sap (U.S.A.) en door de « Hydrocarbon Research Inc., H-coal process ».

Een groot gedeelte van de toespraak van de verslaggever handelt over nieuwe katalytische hydrogeneringssystemen voor steenkool welke grotendeels door het USBM werden uitgewerkt en ten grondslag liggen aan de tweede generatie van hydrogeneringsproefinstallaties.

De toepassing van nieuwe katalytische hydrogeneringssystemen als : de in situ opgewekte actieve waterstof, de overgangsmetaalcomplexen, het massief gebruik van gehalogeneerde katalysatoren ($SnCl_2$, $ZnCl_2$), de elektrochemische reductie zouden in de nabije toekomst nieuwe technische oplossingen kunnen opleveren voor het hydrogeneringsproces van steenkool.

ECONOMISCHE VOORUITZICHTEN

Al hebben de meeste Lid-Staten van de Economische Commissie voor Europa aanzienlijk bijgedragen tot het technisch gedeelte van het Colloquium, bleven de bijdragen tot de economische vooruitzichten beperkt. Dit gebrek aan vooruitzichten is een uiting van de onzekerheid die de meeste industrielanden kennen inzake energiebeleid.

Kort voor de Kippouroorlog had de OECO een programma op halflange termijn opgesteld betreffende de ontwikkeling van de energieproduktie in de westerse landen. De realisatie van dit programma dat een aannemelijke extrapolatie vormde van het groeitempo van de vorige jaren, bleek a priori geen grote problemen te zullen scheppen ; maar onmiddellijk na de Kippouroorlog bleken de besluiten waardeloos te zijn en alle vooruitzichten moesten opnieuw in twijfel worden getrokken.

De stijging van de energiekostprijs is nochtans niet de oorzaak van onze problemen en de factoren die het inhalen van de prijzen veroorzaakten na een lange stagnatieperiode waren reeds sedert de jaren 60 te voorzien.

In zijn inleidingstoespraak onderstreept de H. Janssens, Energiedirecteur bij de Economische Commissie voor Europa, dat wat er veranderde sedert de crisis van 1973 niet de werkelijkheid is van de factoren over de wereldproduktie en -reserves, maar onze waarneming van het probleem van de economie, de groei en de ecologie. Deze evolutie in de ideeën zet ons ertoe aan :

— een vertraging te voorzien van de groei van onze energiebehoeften ;
— na te denken over de mogelijkheid om een beroep te doen op zekerder voorzieningsbronnen ;

— à envisager avec un certain scepticisme les possibilités de développement rapide de l'énergie nucléaire, compte tenu des risques écologiques que ce développement peut entraîner.

La prévision à long terme est encore compliquée par les répercussions de la crise économique que nous traversons, qui a provoqué un brusque ralentissement des besoins avec, comme conséquence, la mise en stock de millions de tonnes de charbon dans les pays producteurs et le fonctionnement des raffineries de pétrole aux 2/3 de leur capacité.

Dans ce contexte, les rapporteurs généraux à qui incombait d'exposer les perspectives de développement des gaz et liquides synthétiques obtenus à partir du charbon, dans le cadre des politiques gouvernementales des pays d'Amérique du Nord, des pays de la Communauté Européenne et des autres pays à économie de marché, ont eu une tâche particulièrement difficile.

* * *

Dans son rapport sur les pays d'Amérique du Nord, M. Read donne le tableau suivant des ressources d'énergie contenues dans le sous-sol des U.S.A. ;

Charbon	6×10^{11} tonnes	$= 13 \times 10^{15}$ MJ
Gaz naturel	21×10^{12} m³	$= 0{,}8 \times 10^{15}$ MJ
Pétrole	140×10^{9} barils	$= 0{,}8 \times 10^{15}$ MJ
Huile de schistes	200×10^{9} barils	$= 1{,}3 \times 10^{16}$ MJ
Uranium	$3{,}6 \times 10^{6}$ t de U_3O_8	$= 1{,}9 \times 10^{15}$ MJ

Le tonnage de charbon effectivement contenu dans le sol des U.S.A. est plusieurs fois supérieur au chiffre indiqué ci-dessus, qui se limite aux gisements exploitables par les méthodes classiques.

Les services officiels américains estiment que, si l'on n'accélère pas la cadence d'exploitation des gisements, les productions intérieures de pétrole et de gaz commenceront à diminuer fortement vers le milieu des années quatre-vingts. Une cadence d'exploitation accélérée pourrait apporter un répit d'environ 10 ans, mais en tout état de cause les Etats-Unis auront à réaliser avant la fin du siècle une importante production de combustibles synthétiques liquides et gazeux à partir de charbon ou de schistes bitumineux.

La situation du Canada est moins critique, compte tenu de l'étendue de son territoire et des réserves de gaz et de pétrole qu'il contient.

Au cours des 20 prochaines années, la production pétrolière, sur la base des réserves connues, ira en diminuant mais cette diminution pourra être compensée par l'exploitation des vastes gisements de sables bitumineux.

La production de gaz naturel pourrait doubler par la mise à fruit des nouveaux gisements du delta du

— met een zeker scepticisme de mogelijkheid va de snelle ontwikkeling van de kernenergie t plannen, rekening houdend met het mogelijk ecologische gevaar.

De vooruitzichten op lange termijn worden no bemoeilijkt door de gevolgen van de economisch crisis die wij doormaken en die een bruuske vertra ging van de behoeften veroorzaakte waardoor mi joenen ton steenkool werd opgeslagen in de produ cerende landen en de olieraffinaderijen slechts voo 2/3 van hun vermogen werkten.

In deze context was het een bijzonder moeilijke taa voor de algemene verslaggevers die de ontwikke lingsperspectieven van de uit steenkool verkregen synthesegassen en -vloeistoffen moesten uiteenze ten in het kader van het regeringsbeleid van de lan den van Noord-Amerika, de landen van de Europes Gemeenschap en andere landen met een marktec nomie.

* * *

In zijn verslag over de landen van Noord-Amerik geeft de H. Read de volgende tabel van de ene giebronnen in de U.S.A.-ondergrond :

Steenkool	6×10^{11} ton	$= 13 \times 10^{15}$ MJ
Aardgas	21×10^{12} m³	$= 0{,}8 \times 10^{15}$ MJ
Aardolie	140×10^{9} barrel	$= 0{,}8 \times 10^{15}$ MJ
Leisteenolie	200×10^{9} barrel	$= 1{,}3 \times 10^{15}$ MJ
Uranium	$3{,}6 \times 10^{6}$ t U_3O_8	$= 1{,}9 \times 10^{15}$ MJ

De werkelijk in de U.S.A.-ondergrond aanwezig tonnemaat steenkool is verschillende keren grote dan het bovengemelde cijfer dat zich beperkt tot d met klassieke methodes ontginbare afzettingen.

De officiële Amerikaanse diensten zijn van oordee dat indien men het ontginningstempo van de afze tingen niet versnelt de binnenlandse aardolie- e gasproduktie sterk zullen beginnen dalen naar he midden van de jaren tachtig toe. Een versneld on ginningstempo zou een respijt van ongeveer 10 jaa kunnen geven, maar de Verenigde Staten zullen in el geval voor het einde van de eeuw een aanzienlijk produktie moeten verwezenlijken van vloeibare e gasachtige synthesebrandstoffen op basis van steen kool of bitumineuze lei.

De situatie van Canada is minder kritiek rekenin houdend met het uitgestrekte grondgebied en de ga en aardoliereserves die het bevat.

Tijdens de volgende 20 jaren zal de aardoliepro duktie, op grond van de gekende reserves, dale maar deze daling kan worden goedgemaakt door d ontginning van ruime afzettingen bitumineus zand.

De aardgasproduktie zou kunnen verdubbelen doo de ontginning van de nieuwe afzettingen van d Mackenziedelta en van de Noordpooleilanden e

lackenzie et des îles de l'Arctique et cette augmenation de production permettrait d'envisager un acroissement des exportations vers les Etats-Unis.

D'ici la fin du siècle, la production de combustibles azeux et liquides dérivés du charbon ne constitue as un objectif majeur pour le Canada. D'ici là, l'effort rincipal portera sur la mise à fruit des gisements de able bitumineux et sur la réalisation de l'infrastructure nécessaire au captage du gaz naturel dans les ouveaux gisements du Grand Nord.

* * *

Dans son rapport général, M. Lyall expose la sitution énergétique de l'Australie, qui se caractérise par ois données fondamentales.

La consommation de pétrole est nettement supéeure à la production et les importations iront croisant au cours de la prochaine décennie.

Une forte augmentation de la production indigène e gaz naturel est prévue d'ici 1985 et elle devrait ermettre d'assurer la couverture d'une demande en xpansion rapide.

Les réserves de houille et de lignite sont considéables et une importante fraction de la production eut être réalisée à ciel ouvert dans les mines du ueensland. Ces réserves permettraient d'envisager développement d'une industrie de production de éthanol ou de pétrole de synthèse sur base charbon, ais ceci impliquerait des investissements imporants pour le développement des exploitations harbonnières et des usines de conversion et il est raisemblable que cette orientation soulèvera dans le ublic une assez vive polémique en raison des effets ommageables qu'une telle production pourrait avoir ur l'environnement.

* * *

Dans son rapport concernant les pays du marché ommun, M. Braubach analyse les prévisions qui vaient été faites par l'OCDE pour l'année 1985 et les daptations que l'on est tenté d'y apporter en tenant ompte de la crise survenue au lendemain de la uerre du Kippour.

La réadaptation des objectifs devra tenir compte de eux facteurs fondamentaux :

- la réduction de la croissance de la demande en énergie, suite à la hausse des prix et aux efforts faits par les gouvernements pour promouvoir des mesures d'économie ;
- la volonté d'assurer une plus grande sécurité d'approvisionnement, qui se traduit par une diversification des sources, par une contribution de

deze produktietoename zou een exportstijging naar de Verenigde Staten mogelijk maken.

Tegen het einde van de eeuw is de produktie van gasachtige en vloeibare brandstoffen welke worden afgeleid van steenkool geen hoofddoel voor Canada. Tegen dan zal de voornaamste inspanning slaan op de ontginning van bitumineuze zandafzettingen en op de verwezenlijking van de nodige infrastructuur voor het opvangen van aardgas in de nieuwe afzettingen van het Hoge Noorden.

* * *

In zijn algemeen verslag zet de H. Lyall de energiesituatie van Australië uiteen welke wordt gekenmerkt door drie fundamentele gegevens.

Het aardolieverbruik is veel groter dan de produktie en de invoer zal in stijgende lijn gaan tijdens het volgende decennium.

Tegen 1985 wordt een sterke stijging van de eigen aardgasproduktie verwacht die een snel uitbreidende vraag zou moeten kunnen dekken.

De steenkool- en bruinkoolreserves zijn aanzienlijk en een belangrijke fractie van de produktie kan in dagbouw worden verwezenlijkt in de mijnen van Queensland. Deze reserves zouden het mogelijk maken de ontwikkeling te plannen van een produktie-industrie van methanol of synthese-aardolie op steenkoolbasis, maar dit zou belangrijke investeringen vergen voor de ontwikkeling van steenkoolontginningen en omzettingsfabrieken en heel waarschijnlijk zal dit bij het publiek een nogal hevige polemiek opwerpen wegens de schadelijke gevolgen van een dergelijke produktie voor het leefmilieu.

* * *

In zijn verslag over de Gemeenschappelijke Marktlanden analyseert de H. Braubach de voorspellingen die de OECO had gemaakt voor 1985 en de aanpassingen die men poogt aan te brengen, rekening houdend met de crisis, na de Kippouroorlog.

De heraanpassing van de doelstellingen zal rekening moeten houden met twee fundamentele factoren :

- de groeibeperking van de energievraag wegens de prijsstijging en de regeringsinspanningen om besparingsmaatregelen te bevorderen ;
- de wil om een grotere voorzieningszekerheid te vrijwaren die tot uiting komt in een diversificatie van de bronnen, een bijdrage van de Staat in het

l'état à la constitution de stocks de sécurité et par une subvention accrue en faveur des recherches qui ont pour objectif de produire des gaz et des liquides sur base charbon, même si leur développement commercial ne doit avoir lieu qu'à longue échéance.

Le développement des recherches doit se faire en fonction de trois objectifs :

— la facilité de transport et d'utilisation, qui milite en faveur de la conversion des combustibles solides en liquide et en gaz ;
— les besoins écologiques et la protection de l'environnement ;
— les contingences économiques qui imposent une limitation du coût de l'énergie.

A défaut de précisions sûres, les recherches doivent être menées tous azimuts, mais les données économiques permettent d'établir certaines priorités.

aanleggen van zekerheidsstocks en een ruime tegemoetkoming voor het onderzoek dat c steenkoolbasis gassen en vloeistoffen wenst produceren, zelfs al zal de commerciële ontwi keling ervan slechts op lange termijn plaatsvi den.

Het onderzoek moet zich ontwikkelen volgens dr doelstellingen :

— gemakkelijk vervoer en gebruik dat pleit voor c omzetting van vaste brandstoffen in vloeistof e in gas ;
— de ecologische behoeften en de milieub scherming ;
— de economische omstandigheden die een bepe king opleggen voor de energiekostprijs.

Bij gebrek aan zekere vooruitzichten moeten c navorsingen alle richtingen uitgaan maar met c economische gegevens kan een bepaalde voorran worden opgesteld.

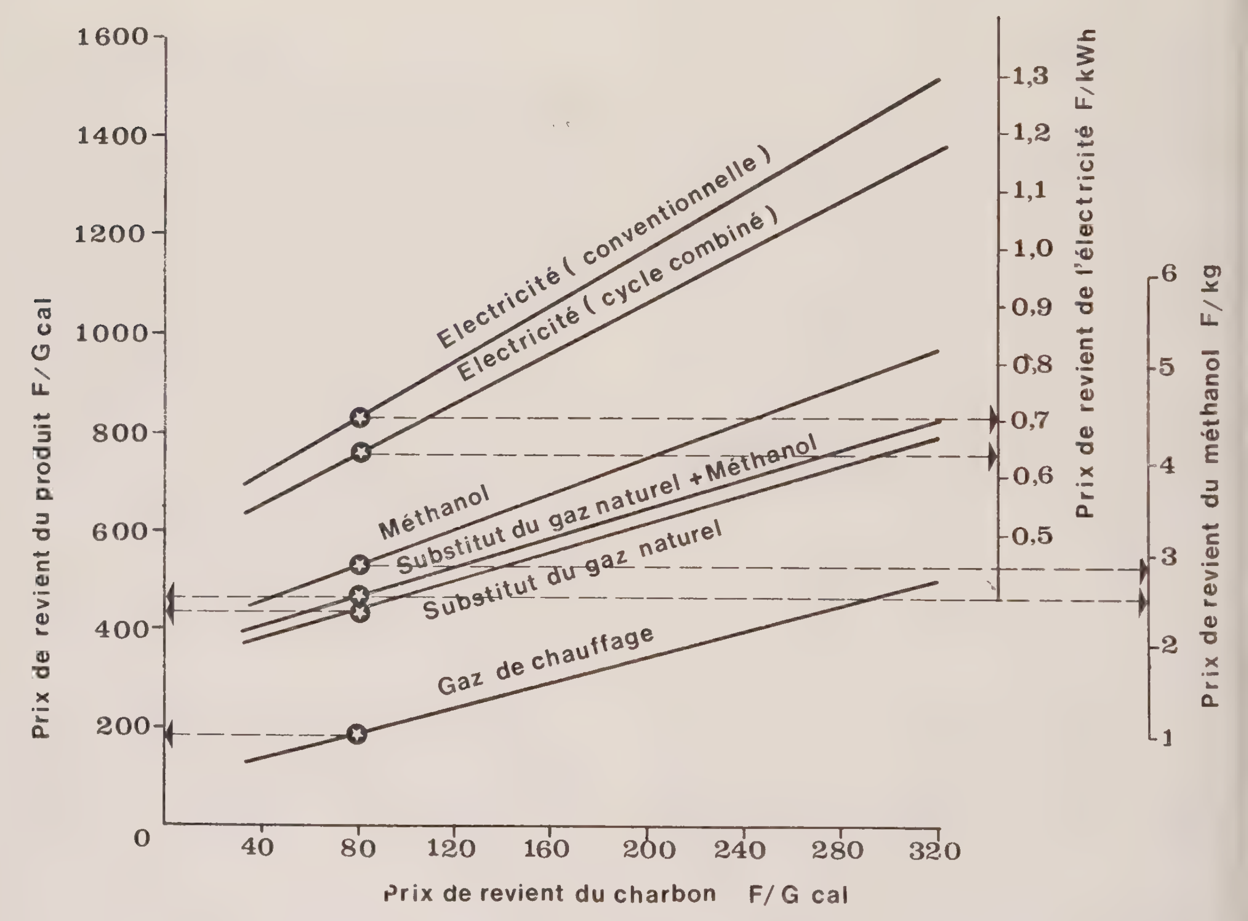


Fig. 3 *

Prix de la conversion en fonction du prix du charbon

Omzettingsprijs naar gelang van de steenkoolprijs

Prix de revient du produit FB/Gcal — kostprijs van het produkt FB/Gcal
Electricité (conventionnelle) — (conventionele) elektriciteit
Electricité (cycle combiné) — elektriciteit (gecombineerde kringloop)
Méthanol — methanol
Substitut du gaz naturel + Méthanol — aardgassubstituut + Methanol
Gaz de chauffage — verwarmingsgas
Prix de revient de l'électricité F/kWh — kostprijs van de elektric teit F/kWh
Prix de revient du méthanol F/kg — kostprijs van methanol F/kg

* Figure extraite du rapport de MM. P. Rudolph et P. Herbe Lurgi Mineralöltechnik GmbH.
Figuur overgenomen uit het verslag van de HH. P. Rudolph en Herbert, Lurgi Mineralöltechnik GmbH.

La figure 3 donne une évaluation du coût des dif-
erentes formes d'énergie dérivées en fonction du prix
u combustible solide.

La gazéification paraît sensiblement plus écono-
iique que la conversion vers les liquides. Cependant,
es chances de développement en Europe restent li-
itées par le coût élevé des charbons et c'est la ga-
éification des lignites extraits à ciel ouvert qui paraît
plus prometteuse.

D'ici la fin du siècle, la gazéification du charbon
vec apport de chaleur par l'énergie nucléaire pour-
it aboutir à des développements industriels.

Le développement des centrales électriques basées
ur une combinaison de la gazéification sous pression
de l'utilisation d'un cycle mixte gaz-vapeur, pré-
ente un intérêt immédiat du point de vue de l'envi-
nnement et du point de vue économique, le coût de
gazéification pouvant être compensé par les éco-
omies d'investissement et par l'amélioration du
ndement de conversion de la chaleur en électricité.

L'utilisation du même type de centrale en conjonc-
on avec la gazéification souterraine sous haute
ression, suivant le procédé proposé par l'INIEX,
eut également être envisagée.

La réussite d'une nouvelle méthode de gazéifica-
on souterraine constituerait un raccourci remarqua-
e qui éviterait les investissements nécessaires à
extraction et à la conversion du charbon et qui
ermettrait la mise à fruit des immenses réserves de
harbon situées à trop grande profondeur pour que
ur exploitation puisse être envisagée par les techni-
ues classiques.

Figuur 3 geeft een raming weer van de kostprijs van de verschillende afgeleide energievormen naar gelang van de prijs van de vaste brandstof.

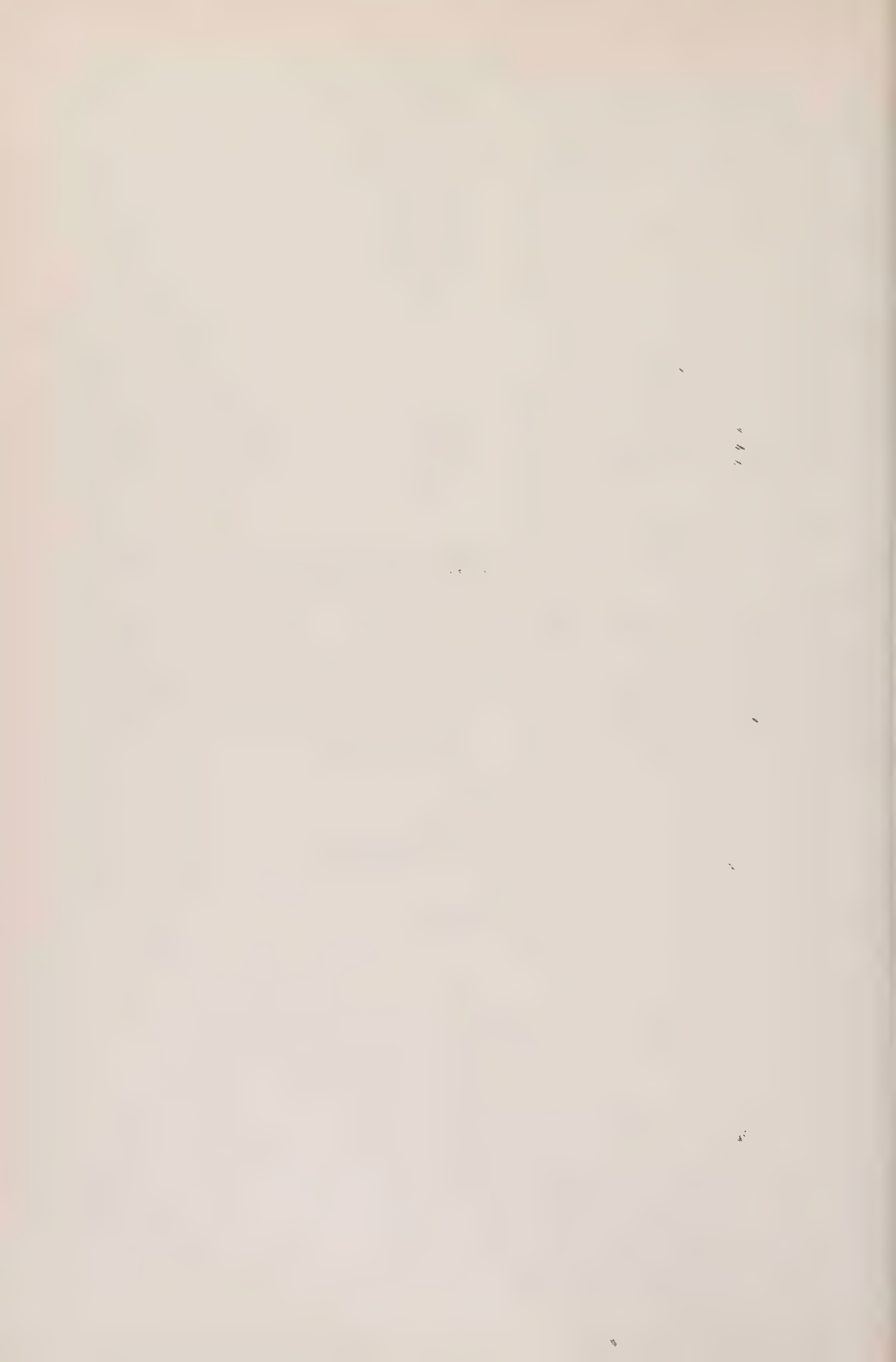
De vergassing blijkt veel economischer te zijn dan de omzetting in vloeistoffen. De kansen op ontwikkeling ervan in Europa blijven nochtans beperkt door de hoge kostprijs van steenkolen en het is de vergassing van in dagbouw ontgonnen bruinkolen die het meest beloftevol is.

Tegen het einde van de eeuw zou de vergassing van steenkool met warmtetoevoer door kernenergie industriële ontwikkelingen kunnen opleveren.

De ontwikkeling van elektrische centrales gebaseerd op een combinatie van de vergassing onder druk en het gebruik van een gecombineerde gasstoomkringloop is onmiddellijk interessant voor het leefmilieu en de economie aangezien de kostprijs van de vergassing kan worden goedgemaakt door investeringsbesparingen en door de verbetering van het omzettingsrendement van warmte in elektriciteit.

Het gebruik van een zelfde type van centrale samen met de ondergrondse vergassing onder hoge druk volgens het door het NIEB voorgestelde procédé kan eveneens worden gepland.

Het welslagen van een nieuwe ondergrondse vergassingsmethode zou een opmerkelijke kortere weg zijn die de investeringen voor de extractie en de omzetting van steenkool vermijdt en die de ontginning mogelijk maakt van uitgestrekte steenkoolreserves welke te diep liggen voor de ontginning met de klassieke technieken.



;onsolidation des remblais ur puits abandonnés

oseph JOSSE *

i collaboration avec
rans VANHOEBROUCK et Philippe DOM **

1. PREAMBULE

C'est en 1969 que la S.A. des Houillères d'An-erlues, qui exploitait la concession du Bois de la aye et extension, cessa toute activité minière.

Préalablement à cet arrêt, le site avait été étudié en ue d'utiliser éventuellement les anciens travaux mi-ers pour le stockage du gaz méthane en provenance e la région de Groningue aux Pays-Bas.

On avait établi que le vide géométrique des ex-loitations était de l'ordre de 4 à 5.10^6 m^3. Les ve-ues d'eau étaient faibles et il existe au-dessus du ouiller une couverture de morts-terrains aquifères ont l'épaisseur minimum est de 16 m ; c'est en ison de cette circonstance que la pression de stoc-age du gaz dans le réservoir a été, jusqu'à présent, mitée à 1,5 bar.

Les anciens puits de mine étaient remblayés avec es matériaux divers dont la nature sera précisée par orès. Seuls deux puits voisins, les plus récents, étaient pas remblayés. Ils devaient être utilisés orès édification de dés en béton traversés par des yauteries reliées à des extracteurs pour l'injection et soutirage du gaz naturel.

Un premier essai de stockage eut lieu de juillet à ctobre 1971 et 64.10^6 m^3 de méthane furent injec-s dans la mine. A ce moment, la pression dans le servoir atteignait presque 1,5 bar. Des contrôles risoumétriques à l'aide de détecteurs sensibles fu-nt effectués chaque jour, spécialement aux endroits ı la couverture des morts-terrains aquifères est la plus faible ainsi qu'à l'orifice des puits remblayés. Ils prouvèrent que, pour le régime de pression imposé, l'étanchéité était assurée jusqu'au jour, le 19 décembre 1971, où les remblais d'un des puits remblayés s'effondrèrent brutalement, sur une hauteur de 350 m, mettant le réservoir en communication avec l'atmosphère. Après travaux de comblement de ce puits, le réservoir fut dégonflé jusqu'à la pression atmosphérique et il devint évident qu'aucune nouvelle tentative de stockage ne pouvait être entreprise avant d'avoir effectué une consolidation efficace des remblais des puits donnant la certitude que l'incident ne se renouvellerait plus.

Les travaux exécutés dans ce but consistent dans l'édification d'une dalle en béton, à 50 ou 100 m de profondeur, dans chacun des puits remblayés, cette dalle devant, d'une part, supporter le poids des remblais sus-jacents, d'autre part, constituer un bouchon étanche capable de s'opposer à toute filtration du gaz vers la surface au travers du conduit constitué par le puits.

Il nous a paru intéressant de les décrire car la technique utilisée est originale.

2. LES PUITS A TRAITER DE LA S.A. DES HOUILLERES D'ANDERLUES

La concession du Bois de la Haye et extensions (fig. 1) s'étend presque exclusivement sous le territoire de la commune d'Anderlues. Sa superficie totale est d'un peu plus de 2.000 hectares, mais la partie sud n'a été que peu ou pas exploitée.

On trouve les puits de mine suivants dans cette concession :

— Siège n° 1 : 1 puits
— Siège n° 2 : 1 puits

* Ingénieur Principal Divisionnaire des Mines, Administration s Mines, Division du Hainaut, Centre Albert, Place Albert Ier, 00 Charleroi.

** Respectivement Directeur Technique de la S.A. Foraky et ecteur des Travaux à la S.A. Foraky S.A. Place des Barricades, , 1000 Bruxelles.

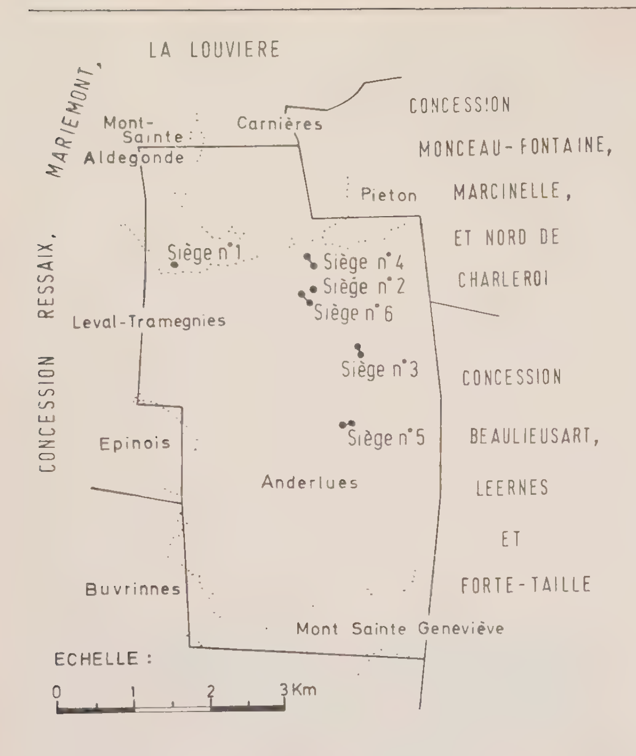


Fig. 1 : Concession du Bois de la Haye.

— Siège n° 3 : 2 puits
— Siège n° 4 : 2 puits
— Siège n° 5 : 2 puits
— Siège n° 6 : 2 puits.

Tous ces puits, à l'exception de ceux du siège n° 6, sont remblayés.

Le puits d'extraction du siège n° 3 avait une profondeur de 880 m. Il a été remblayé en 1954, jusqu'au niveau de 370 m, à l'aide de pierres de creusement de bouveaux. Ce remblayage a été effectué par passes de 60 m au moyen d'une cage-skip, ce qui a permis aux opérateurs de suivre la progression des remblais d'une façon précise.

Entre les niveaux de 370 et de 320 m, le remblayage a été réalisé avec des schistes de lavoir calibrés 10/200 et 10 % de ciment en poids ont été mélangés aux schistes au passage des envoyages.

Entre 320 et 200 m, le remblayage a été effectué avec 50 % de schistes de lavoir calibrés et 50 % de cendres volantes de centrales électriques. Un tassement d'une dizaine de mètres se produisit et, pour cette raison, entre les niveaux de 200 et de 82 m, on renonça à l'utilisation de cendres et les remblais furent constitués uniquement de schistes 10/200 mm.

Au niveau de 82 m, on édifia une plate-cuve en béton armé de 3,20 m d'épaisseur calculée pour une pression de 17 kg/cm² (résistance au cisaillement) et de 27 kg/cm² (résistance à l'écrasement).

Les terrains autour de cette plate-cuve furent injectés de ciment.

Le remblayage fut continué jusqu'à la surface à l'aide de schistes 10/200 mm.

Le remblayage du puits d'aérage du même siè[ge] fut réalisé sensiblement de la même façon en 196[.] Préalablement au comblement du puits, des barrag[es] furent édifiés à divers envoyages à l'aide de lits [de] rails et de murs de pierres sèches. On utilisa exclu[si]vement, comme remblais des puits, des schistes [de] lavoir 10/200 déposés par cage-skip du fond à [la] surface.

La plate-cuve fut posée entre les niveaux de 72 [et] de 75 m. Elle est la même que la précédente.

Au vu de la technique soigneuse utilisée, no[us] n'avons pas estimé devoir consolider les remblais [de] ces puits.

Le puits d'extraction du siège n° 5 est celui où [se] produisit un effondrement des remblais sur u[ne] hauteur de 370 m à la fin de 1971.

Le vide a été comblé immédiatement par un m[é]lange de pierres de terril et de cendres volant[es] jusqu'à environ 180 m de la surface.

Le remblayage s'est poursuivi avec des suies [de] centrale, lesquelles se sont mises en suspension da[ns] l'eau qui se déversait dans le puits par une fuite [du] cuvelage en fonte qui équipe le sommet du puits s[ur] une hauteur de 39 m.

On ajouta à ces suies des schistes de terril po[ur] arriver au niveau de —80 m. On versa ensuite [du] gravier jusqu'au niveau de —55 m et la firme Fora[ky] procéda au bétonnage sous eau de la section du pui[ts] jusqu'à —38 m. Après nouveau déversement [de] gravier sur 3,50 m de hauteur, le bétonnage fut co[n]tinué jusqu'à —24 m de la surface.

Quatre tuyaux de deux pouces traversent le dé [de] béton supérieur et plongent dans le lit de gravier s[ur] lequel il repose. Par deux de ces tuyaux, on injecta [de] la bentonite en suspension colloïdale dans l'eau af[in] de constituer un gel de bentonite qui forme ainsi u[n] joint hydraulique emprisonné entre deux dés de b[é]ton.

Finalement, il restait à stabiliser les remblais d'u[n] puits de chacun des sièges n° 1, 4 et 5 et des de[ux] puits du siège n° 4.

Diverses méthodes furent examinées :

a) Injection de ciment ou de résine synthétique [à] partir de forages creusés verticalement dans l[es] remblais des puits ou suivant une circonféren[ce] concentrique à celle du puits.

L'idée fut abandonnée pour diverses raisons, [en] particulier parce que les remblais des puits étaie[nt] constitués d'argiles à certains endroits et q[ue] plusieurs couches de morts-terrains traversé[es] lors du creusement sont, soit de l'argile, soit d[es] argiles marneuses impropres à la cimentation à

suite de leur faible perméabilité et de l'hétérogénéité de l'ensemble. En outre, d'autres couches des morts-terrains sont des craies fracturées dans lesquelles il y a une circulation d'eau qui aurait fatalement entraîné le lait de ciment injecté à cet endroit.

Enlèvement des remblais sur une certaine hauteur à partir de la surface et bétonnage ultérieur du puits sur la même hauteur.

On renonça également à cette solution car le guidonnage subsiste dans certains puits et l'emploi du grappin s'avère difficile, si pas impossible ; l'extraction manuelle des pierres est lente et présente des dangers certains car, d'une part, les maçonneries sont généralement en mauvais état et, d'autre part, un brusque effondrement des remblais peut se produire à tout moment.

Finalement, on décida d'édifier une plate-cuve dans chacun des puits à une profondeur judicieuse, fonction notamment des conditions locales et de la qualité des terrains.

On utilisa l'une ou l'autre des deux méthodes décrites ci-après, basées sur la technique de la congélation des sols.

3. ETABLISSEMENT D'UN SERREMENT APRES CONGELATION PROFONDE

uits du siège n° 1.

Le puits du siège n° 1 a été creusé au diamètre utile e 2,90 m jusqu'à la profondeur d'environ 400 m.

L'épaisseur des morts-terrains est de 134 m. eux-ci sont formés essentiellement d'argiles, de saes, de grès et de craies.

Le revêtement du puits est constitué comme suit à rtir de la surface :

- maçonnerie de briques sur 12 m ;
- cuvelage sur 35 m ;
- maçonnerie de briques sur 215 m ;
- cadres métalliques avec douves en bois sur 138 m.

Le guidonnage est du type Briart latéral extérieur en r.

Des envoyages existent aux niveaux de 135 m, 50 m, 380 m. A ce dernier niveau, un serrement en éton de 6,50 m de longueur a été édifié antérieurement dans le bouveau de communication avec le ège n° 6.

Après enlèvement des échelles, le puits a été remayé en 1953 avec de l'argile et une dalle en béton a é posée au niveau de la surface conformément aux structions en la matière.

Les travaux de consolidation du puits ont été exécutés dans l'ordre ci-après (fig. 2) :

a) Forage d'un sondage de reconnaissance carotté à petit diamètre en vue de choisir un emplacement favorable à la pose du serrement.

Les relevés de terrains effectués lors du creusement du puits en 1858 donnent des indications insuffisantes au sujet de la qualité des terrains rencontrés.

Entre les niveaux de 47 et de 53 m, immédiatement sous le cuvelage, il existe un banc de 6 à 7 m de craies blanches compactes et aquifères, facilement injectables, dans lesquelles on décida de placer la dalle.

b) Fonçage d'un puits d'accès au puits de mine au diamètre à terres nues de 1,50 m à l'aide d'une sondeuse Salzgitter, à circulation inverse. Le creusement manuel de ce puits aurait été rendu très difficile par suite de la rencontre de terrains fortement aquifères.

La distance d'axe en axe des deux puits est de 6,70 m.

Pendant la durée du creusement, le forage était continuellement rempli d'un mélange d'eau et de bentonite afin de maintenir les parois en place.

La bentonite est une argile formée par l'altération chimique des cendres volcaniques. En présence d'eau, elle forme un mélange thixotropique, gonfle davantage que les autres variétés d'argile et dépose sur les parois du creusement un film imperméable.

Le forage terminé, on introduit dans ce dernier des tubes en acier de 1,20 m de diamètre utile et de 15 mm d'épaisseur. Le tube inférieur était pourvu d'un fond étanche et les tubes suivants étaient soudés les uns aux autres au fur et à mesure de leur descente dans le puits. La mise en place des tubes dans le puits noyé de bentonite fut rendue possible en les remplissant d'eau.

Le tubage terminé, on procéda à une injection périphérique de ciment entre le revêtement et la paroi du puits. Cette cimentation fut complétée par une injection par le fond du tubage.

Les tubes comportent des dispositifs d'amarrage qui permirent une pose rapide de la cagette et de son guidonnage, ainsi que du compartiment aux échelles avec canars de ventilation.

A noter que le tube inférieur est équipé d'une porte qui, une fois ouverte, permit d'entreprendre facilement les travaux ultérieurs.

c) Creusement d'une chambre de travail, d'une hauteur de 3,10 m et d'une section horizontale rectangulaire de 3,30 m × 5,04 m. L'attaque de la roche se fit au piqueur pneumatique. Le soutè-

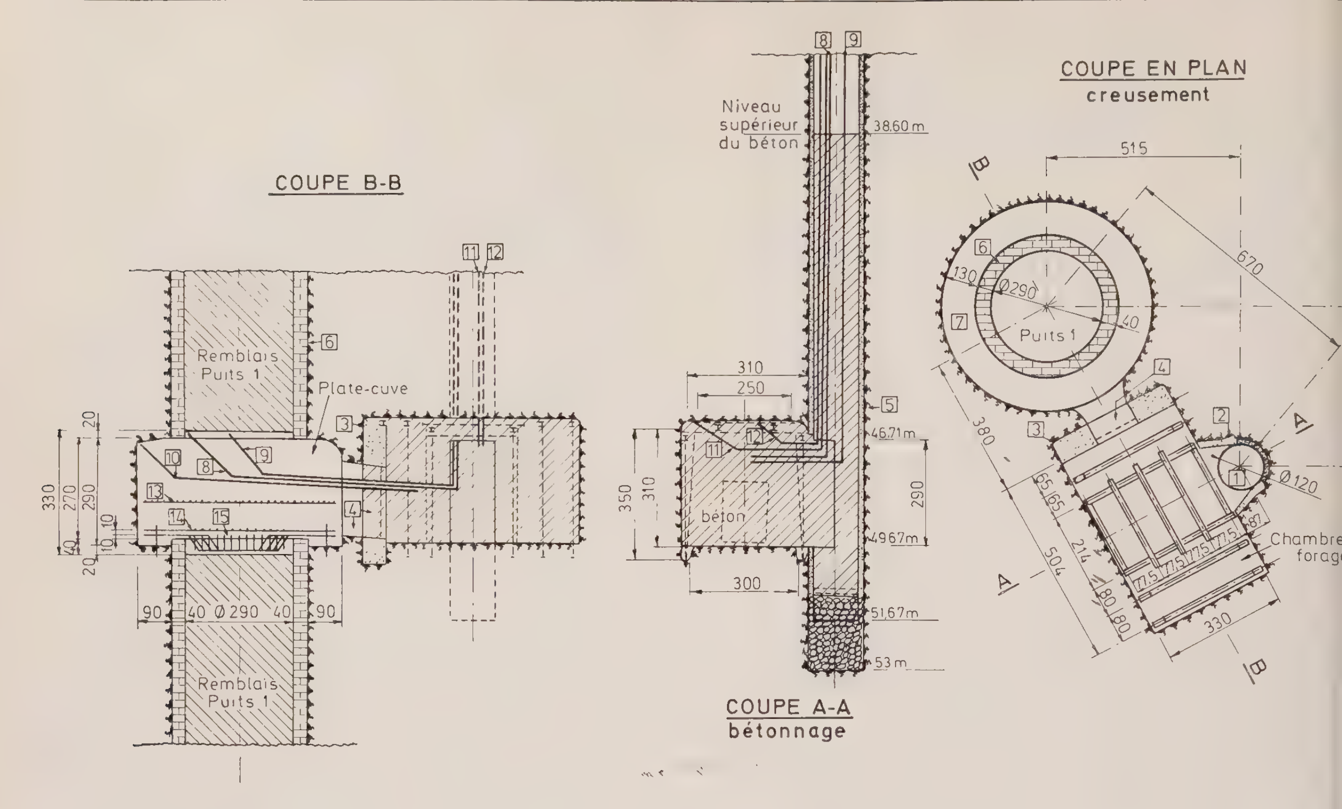


Fig. 2 : Anderlues, Puits n° 1.

Equipement puits Φ 1,20 m

- Puits non remblayé et équipé d'échelles 38,60 m
- Conduites à bentonite de la Plate-cuve (8-9) et de la chambre (11-12) reliées à un réservoir de bentonite d'une capacité de 200 l. placé dans la partie supérieure du puits.
- Protection de l'accès au puits : Dalle armée équipée d'une trappe, à fermeture robuste, donnant accès au compartiment échelles et permettant la surveillance directe du réservoir à bentonite.

Détail

1 Puits d'accès Φ 1,20 m
2 Protection sortie Puits : béton armé
3 Mur de protection de la chambre : béton
4 : Accès Plate-cuve
5 : Cimentation Puits Φ 1,20 m
6 : Revêtement Puits 1 : maçonnerie
7 : Assise extérieure de la Plate-cuve
8 : Conduite supérieure d'injection de bentonite dans l Plate-cuve
9 : Conduite inférieure d'injection de bentonite dans l Plate-cuve
10 : Conduite d'injection de ciment dans la Plate-cuve
11 : Conduite supérieure d'injection de bentonite dans l chambre de forage
12 : Conduite inférieure d'injection de ciment et de bentonit dans la chambre de forage
13 : Treillis armé
14 : Nappe d'armatures supérieures droites
15 : Nappe d'armatures inférieures recourbées.

nement fut réalisé à l'aide de bêles et d'étançons métalliques.

A l'endroit de l'évasement du puits, les parois verticales furent renforcées par deux murs en béton armé.

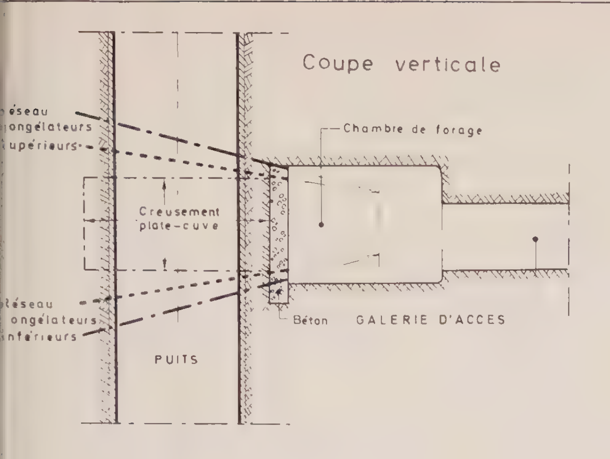
Le creusement une fois terminé, la paroi de la chambre qui fait face au puits de mine fut renforcée par un mur en béton armé de 60 cm d'épaisseur dans lequel on aménagea une ouverture d'accès au puits.

d) Forage des fourneaux de congélation au moyen d'un marteau-perforateur Stenuick monté sur mât dirigeable posé sur un support spécial. La figure 3 indique l'orientation donnée aux sondages :

- Le réseau supérieur devait servir à la constitution d'une voûte congelée de 2,50 m à 3 m d'épaisseur, capable de résister à un affaissement des remblais sus-jacents. Il compotait deux nappes de 5 sondages chacun, placés en éventail. Chacun des sondages traversa les remblais des puits et fut arrêté dan la craie en place à une distance de 1 m à 1,5 m au-delà de la paroi en maçonnerie.
- Le réseau inférieur, destiné à la formatio d'une sole monolithique de 2 à 3 m d'épaisseur, comprenait également deux nappes l'une de quatre, l'autre de cinq sondage creusés sur les mêmes longueurs.

Chaque tuyau congélateur, d'un diamètre d 90 mm, est constitué de deux tubes concentriques qui permettent la circulation de l saumure dans les deux sens.

Longueur totale des tuyaux : 130 m.



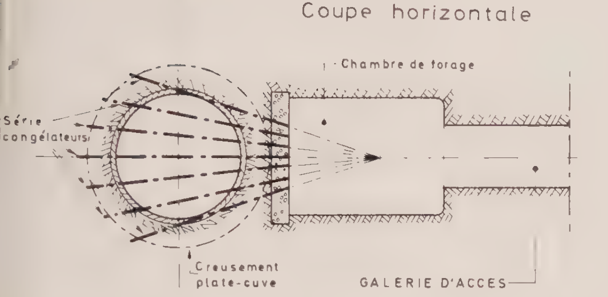


Fig. 3 : Congélation partielle du terrain à l'endroit de la Plate-cuve.

Raccordement en série parallèle.
Longueur de la conduite mère : 140 m (aller, retour dans le puits).
La batterie frigorifique avait les caractéristiques suivantes :

- un groupe Trane - type 3E-588 avec moteur électrique de 40 kW ;
- puissance frigorifique : 50.000 frigories/heure à —25° ;
- fluide frigorifique : fréon R22 ;
- saumure : $CaCl_2$ de 1,32 de densité ;
- température moyenne de la saumure au départ : —33°C ;
- température moyenne de la saumure au retour : —28°C ;
- condensation du fréon par eau refroidie par ventilateur d'air ;
- circuit de saumure protégé par vanne électropneumatique antigrisouteuse commandée par flotteur de niveau du vase d'expansion.

Vanne montée sur le circuit de départ et clapet anti-retour inséré dans la conduite de retour.
Le temps total nécessaire à la formation des zones congelées a été de 21 jours.
L'emplacement de la plate-cuve fut alors préparé au marteau-piqueur dans un terrain complètement congelé. Le ferraillage et le bétonnage se firent immédiatement. Le béton était descendu par une conduite de 6'' dans une trémie de stockage installée au fond.
Cette dernière alimentait l'appareil de projection de béton.
Le bétonnage fut complété par une injection périphérique de ciment pour assurer une étanchéité complète.
En outre, on constitua un joint hydraulique au sommet de la plate-cuve à l'aide d'un mélange d'eau et de bentonite à 8 %.
Les tuyauteries permettant l'injection de bentonite pour la constitution du joint sont reliées à un réservoir contenant 200 litres de bentonite, placé dans la partie supérieure du petit puits tubé.

f) La chambre de travail fut à son tour bétonnée complètement avec cimentage dans toutes les directions et constitution d'un joint de bentonite au ciel de cette galerie.

g) Enfin, le petit puits tubé fut bétonné jusqu'à 38 m sous le niveau de la surface.
L'orifice de ce puits est fermé par une dalle en béton armé, équipée d'une trappe métallique à fermeture robuste donnant accès au compartiment aux échelles et permettant ainsi la surveillance directe du réservoir à bentonite.

4. VARIANTES DU PROCEDE PRECEDENT

A. Puits n° 2.

Ce puits est très proche de l'un des puits du siège n° 6.

La distance de paroi à paroi ne dépasse pas 17 m. Comme le puits n° 6 est équipé d'une cage et est accessible jusqu'à la profondeur de 105 m, on a creusé, à partir de ce puits n° 6 et au niveau de 105 m, une galerie d'accès vers le puits n° 2, de 13 m de longueur et de 4 m² de section. On a ensuite aménagé la chambre de travail et les opérations se sont continuées suivant le processus décrit ci-avant.

Le nombre de tubes congélateurs était plus important et la puissance frigorifique plus élevée que dans le cas précédent, car la section du puits était plus grande.

B. Puits n° 4.

Ce chantier comporte deux puits à traiter dont la distance de centre à centre ne dépasse guère 15 m.

Un puits d'accès a été creusé en deux étapes jusqu'à la profondeur de 58 m.

Dans un premier stade :

— De 0 à 48,75 m, le creusement s'est fait comme au puits n° 1 au diamètre à terre nue de 1,50 m et au diamètre après tubage de 1,20 m. A ce niveau, on rencontra un banc de silex qui rendit dangereuse la poursuite du sondage.
— De 48,75 m à 50,60 m, la frette des tubes a été complétée par un anneau de protection tronconique en béton armé ancré dans la craie pour se prémunir d'une venue d'eau éventuelle et pour supporter en cas de besoin le poids des tubes sus-jacents.
— De 50,60 m à 60 m, creusement manuel d'un puits de 2 m de diamètre à terre nue. Le revêtement est constitué de « Liner Plates ». Ce sont des tôles crénelées et cintrées de 0,61 m de hauteur dont l'assemblage de six éléments forme un cercle de 1,80 m de diamètre.

Le vide entre le terrain et le revêtement métallique a été rempli d'un mortier de ciment et de sable.

Dans un deuxième stade, partant du puits, creusement à —58 m d'une galerie de 4 m² de section et de 4 m de longueur prolongée par une chambre de travail de 12 m² de section et de 8 m de longueur, qui a permis de congeler simultanément les deux puits de mine.

Les travaux se sont alors poursuivis comme au puits n° 1, mais ils ont été compliqués par la présence d'une petite galerie préexistante et connue débouchant dans le puits et située quelques mètres à peine au-dessus de la chambre de forage. Cette galerie a été bouchée par bétonnage avec cimentage ultérieur des parois.

Ici également, le nombre des congélateurs et la puissance frigorifique ont été fonction du diamètre des puits.

Dans chacun des puits traités des sièges n° 1, n° 2 et n° 4, la venue d'eau de quelques m³ par heure a été pompée au fur et à mesure.

5. ETABLISSEMENT D'UN SERREMENT APRES CONGELATION A PARTIR DE LA SURFACE

Puits n° 5.

Le puits d'aérage du siège n° 5 a été creusé jusqu'à la profondeur de 630 m au diamètre utile de 3,80 m.

Le revêtement est constitué comme suit :

— de 0 à 6 m : maçonnerie de briques ;
— de 6 m à 43 m : cuvelage en fonte ;
— de 43 m à 50,50 m : maçonnerie de briques ;
— de 50,50 m à 59 m : cuvelage en fonte ;
— de 59 m à 630 m : maçonnerie de briques et cadres métalliques.

Vers 1943, ce puits dont le guidonnage est du typ frontal en bois avec traverses métalliques a été remblayé avec des schistes de terril mélangés de sables e d'argiles sauf au sommet où, sur une centaine d mètres d'épaisseur, ce remblai est formé uniquemen d'argile.

Sur 39 m à partir de la surface, les terrains son constitués de sable boulant et d'argile plastique.

Sous ce niveau, le puits a recoupé des schistes su 6 m puis une épaisse couche de grès sur 21 m.

Il fut décidé d'édifier la plate-cuve dans ces grès, 62 m de profondeur.

On creusa 9 sondages de congélation verticaux d 75 m de profondeur, numérotés 1 à 9 à la vue en pla de la figure 4. Les déviations furent mesurées tous le 10 m à l'aide de l'appareil Eastman multishot auto matique. On constata que les sondages repérés 6 et avaient dévié respectivement de 1,60 m et de 1,8 m. Ces déviations importantes dues à la rencontre e cours de sondage d'éléments divers de soutènemen prouvaient que, dans ces conditions, le mur de glac à créer ne serait pas continu. C'est pourquoi le résea fut complété par 5 autres sondages de congélatio repérés 10 à 14 au croquis. Ils furent enfoncés sur l même profondeur de 75 m.

Le sondage n° 3 ne fut pas mis en service parc qu'il était détérioré. Tous les autres furent traités l'aide du dispositif dont les caractéristiques son reprises ci-après :

— installation frigorifique de marque Brissonnea en deux blocs montés en parallèle ;
— puissance frigorifique de 65.000 et de 55.00 frigories/heure à —25°C ;
— moteur de 65 et 55 kW ;
— fluide frigorifique : fréon 22 ;
— température moyenne de —27°C au départ et d —23°C au retour ;
— condensation du fréon 22 par eau refroidie pa ventilation d'air ;
— congélation par circuit de saumure $CaCl_2$ à 1,3 de densité ;
— raccordement des congélateurs en parallèle.

La durée de la congélation pour formation du mu de glace fut de 28 jours.

On procéda alors, dans les remblais congelés, a creusement d'un puits de 2 m de diamètre dont l'ax est légèrement décalé par rapport à celui du puit principal.

Ce travail fut exécuté manuellement a brise-béton.

Le revêtement du puits fut constitué à l'aide d « Liner plates » comme au puits n° 1 avec u diamètre utile de 1,80 m.

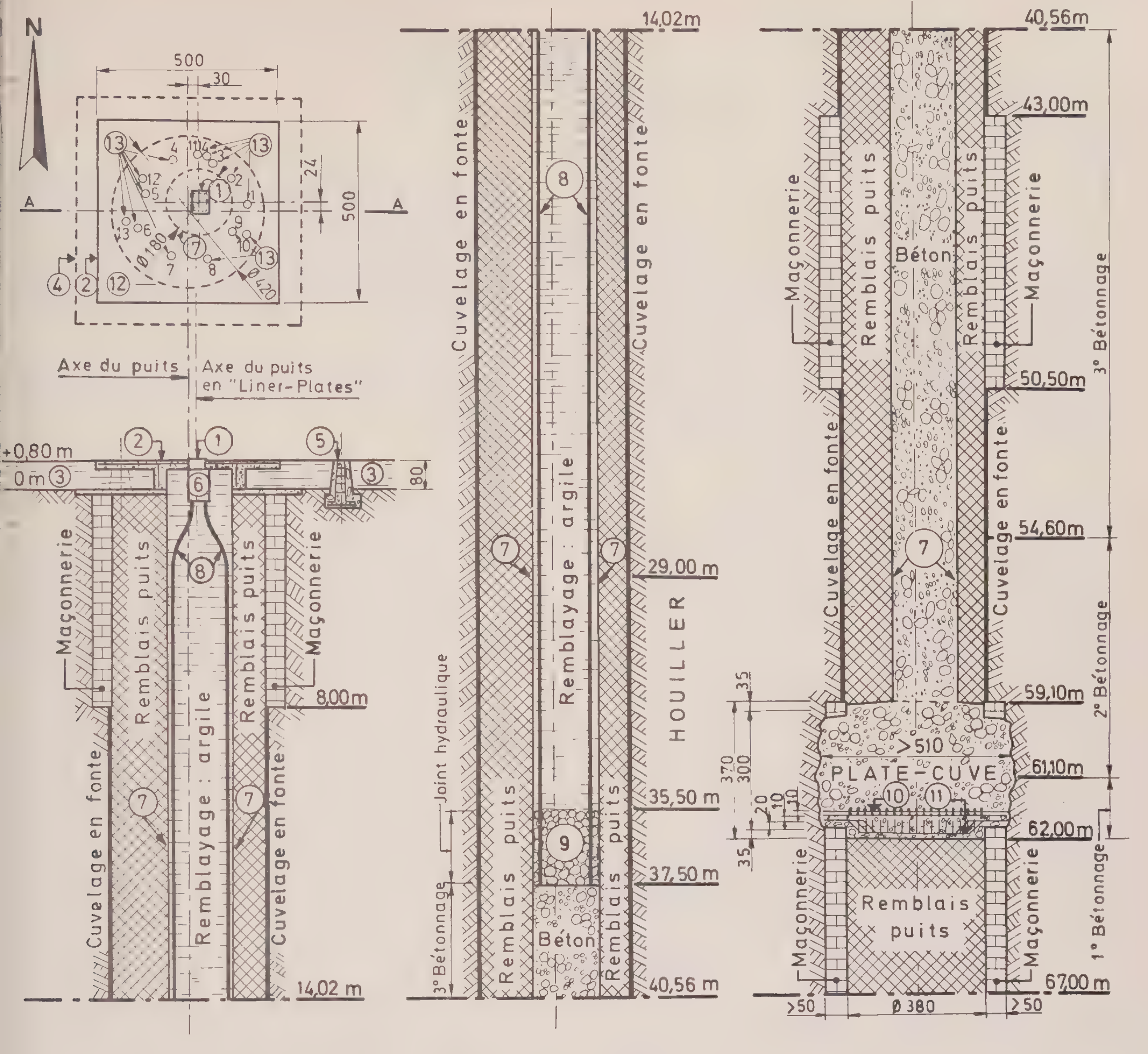


Fig. 4 : Anderlues, Puits n° 5
Travaux Plate-cuve : cote - 63

Détails

1 Trappe
2 : Dalle de couverture du Puits en « Liner-Plates Φ 180
3 : Remblayage
4 : Dalle initiale de couverture du Puits n° 5 Φ 420
5 : Massifs support du châssis pendant le fonçage du Puits Φ 180
6 : Réservoir à bentonite
7 : Puits en « Liner-Plates » Φ 180
8 : Conduites à bentonite
9 : Joint hydraulique (gravier 20/40)
10 : Nappes d'armatures supérieures droites
11 : Nappes d'armatures inférieures recourbées
12 : Puits n° 5
13 : Congélateurs : cimentés jusqu'en surface.

Le vide entre la paroi du puits et le revêtement métallique fut rempli avec du sable humide qui se congela au contact de la paroi congelée.

Ce puits intérieur fut alors élargi entre les niveaux de 59 et de 62 m jusqu'à l'extérieur du revêtement du puits principal.

Le ferraillage puis le bétonnage du serrement furent réalisés sur 3 m d'épaisseur et le puits intérieur fut comblé de béton jusqu'au niveau de —37,50 m.

On étala ensuite une couche de gravier 20/40 sur 2 m pour constituer un joint hydraulique de bentonite alimenté par deux tuyauteries débouchant dans un réservoir de bentonite installé à l'orifice du puits.

Le reste du puits intérieur fut comblé à l'argile jusqu'à la surface.

6. CONCLUSIONS

Les travaux commencèrent simultanément dans les divers chantiers et ils durèrent environ 8 mois. Ils furent conduits à bonne fin sans le moindre incident notable.

On a pu vérifier que les zones prévues à congeler l'étaient parfaitement.

Le coût de l'opération est d'environ 80 millions de francs belges, soit en moyenne 16 millions par puits.

A partir du 15 août 1975, on injecta de l'ordre de 75 millions de m^3 de gaz naturel jusqu'à une pression voisine de 1,5 bar. Les contrôles quotidiens auxquels on procède prouvent qu'il n'y a aucune perte de gaz par les puits remblayés et le réservoir d'Anderlue paraît être devenu fonctionnel pour le régime c pression actuel.

* * *

Nous remercions Messieurs VANHOEBROUCI directeur technique, et DOM, directeur des travaux c la firme FORAKY, et leurs collaborateurs directs, le Ingénieurs CHRISTODOULIOES et DAVID qui nou ont aidés dans la rédaction de ce rapport. Ce sont ce ingénieurs qui ont conçu le projet.

Les conseils de Monsieur BERNARD, directeur de Cokeries et Houillères d'Anderlues, ont été particu lièrement précieux lors de la réalisation du travail.

Optimisation mathématique de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert ou le problème de l'enveloppe

René VALLET *

RESUME

Lorsqu'on a décidé d'exploiter à ciel ouvert un gisement, on a le choix entre une multitude de carrières possibles. Si, dans un système de coordonnées profit / volume, on reportait toutes les carrières possibles, on obtiendrait un nuage de points que nous appellerons le domaine des carrières possibles.

L'objet de cet article est la démonstration mathématique des trois propositions suivantes :

1. Pour tout gisement, il existe un projet d'exploitation tel que la courbe qui traduit le profit en fonction du volume extrait enveloppe le domaine des carrières possibles, et enveloppe en même temps la famille des courbes de profit de tous les projets possibles d'exploitation de ce gisement.

2. Ce projet d'exploitation est celui qui enlève une succession de carrières partielles qui remplissent la condition suivante : chaque carrière partielle est, parmi toutes les carrières qui sont possibles au moment de sa mise en exploitation, la carrière pour laquelle le rapport profit / volume est maximum.

3. En utilisant les propriétés des graphes à sommets pondérés, ce projet d'exploitation peut être défini mathématiquement par trois voies différentes :

— par l'algorithme des arbres compacts
— par l'algorithme de la forêt sous-compacte
— par l'algorithme des dichotomies d'Archimède successives.

SAMENVATTING

Wanneer men besloten heeft een ertsveld in open uitbating te ontginnen, heeft men een keuze te maken tussen een massa mogelijke groeven. Wanneer men in een assenstelsel Opbrengst / Volume al deze ontginningsmogelijkheden zou voorstellen dan zou men een wolk van punten verkrijgen die we de verzameling der mogelijke groeven kunnen noemen.

De bedoeling van dit artikel is het wiskundig bewijs te leveren van de drie volgende voorstellen.

1. Voor elk ertsveld bestaat er een uitbatingsprojekt zodanig dat de grafiek, die de opbrengst in funktie van het ontgonnen volume weergeeft, de verzameling van alle mogelijke groeven omsluit, en eveneens alle mogelijke kurven opbrengst / volume, die alle andere uitbatingsprojekten van hetzelfde ertsveld voorstellen, omsluit.

2. Dit projekt is hetgene dat een opeenvolging gedeeltelijke groeven uitbaat die aan volgende voorwaarde voldoen : iedere gedeeltelijke groeve is, tussen alle mogelijke groeven op het beginogenblik der uitbating, degene die een maximum verhouding opbrengst / volume verzekert.

3. Door gebruik te maken van de eigenschappen van de netwerken met gepondereerde knooppunten, kan dit uitbatingsprojekt wiskundig bepaald worden op drie verschillende manieren :

— algorithme van de « kompakte arborescentie »
— algorithme van het « half-kompakte woud »
— algorithme met opeenvolgende Archimedes dichotomiën.

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn man sich für einen Lagerstättenbetrieb im Tagebau entschieden hat, so hat man die Wahl

SUMMARY

When it has been decided to work a deposit by the opencast method, there is a choice between a large

* Centre d'Informatique Générale, Rue de la Chancellerie, 13 - 1000 Bruxelles.

zwischen einer Unmenge von Brüchen. Würde man nämlich im Koordinatensystem Gewinn / Umfang alle nur denkbare Brüche auftragen, so würde man eine Wolke von Pünktchen erhalten, die wir den Bereich der möglichen Brüche nennen werden.

Zweck dieses Artikels ist der rechnerische Beweis der drei folgenden Thesen :

1. Für jede Lagerstätte liegt ein Betriebsprojekt vor, das so ausgearbeitet wurde, daß die Kurve, welche die Ausbeute je nach der Fördermenge widerspiegelt, den Bereich der möglichen Brüche umfaßt und zugleich die Gewinnkurvenschar aller erdenklichen Betriebsprojekte in bezug auf diese Lagerstätte.

2. Dieses Betriebsprojekt ist dasjenige, daß eine Reihe von Teilbrüchen ausnimmt, die folgende Voraussetzung erfüllen : jeder Teilbruch ist unter allen denjenigen, die zum Zeitpunkt des Abbaus infrage kommen, der Bruch, für welchen das Verhältnis Gewinn / Umfang maximal ist.

3. Wird auf die Eigenschaften der Graphen mit ausgewogenen Knoten zurückgegriffen, so kann dieses Betriebsprojekt über drei verschiedene Wege rechnerisch umrissen werden :

- *über das Rechenverfahren der dichten Bäume*
- *über das Rechenverfahren des unterdichten Waldes*
- *über das Rechenverfahren der einander folgenden Archimedischen Zweiteilungen.*

number of possible quarries (opencast pits). If we plo all the possible quarries — in a profit / volume coor dinate system — we obtain a group of points whic we term the possible-quarry zone.

This article sets out to give the mathematical de monstration of the following three propositions :

1. For every deposit there exists a working pla such that the curve expressing the profit as a functio of the volume extracted encloses the possible-quarr zone, also enclosing at the same time the profit curve of all the possible working plans for this deposit.

2. This working plan is the one which extracts succession of part-quarries which fulfil the followin condition ; each part-quarry is — of all in the tota number of quarries possible at the moment when it i being worked — the quarry which maximizes th profit / volume relationship.

3. Making use of the characteristic properties o graphs with weighted vertices, this working plan ca be given a mathematical definition by three differen approaches :

- *by the compact tree algorithm*
- *by the sub-compact forest algorithm*
- *by the successive Archimedean dichotomy algorithm.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Le problème de l'enveloppe

Lorsque la décision a été prise d'exploiter à ciel ouvert un gisement, l'exploitant a le choix entre une multitude de carrières possibles :

- il y a d'abord la carrière qui enlève tout le minerai connu,
- il y a aussi toutes les carrières qui n'enlèvent qu'une partie du minerai connu.

Le premier choix est de fixer les limites de la carrière finale. Le profit étant le but de l'exploitation, la question se pose en ces termes : parmi toutes les carrières possibles, quelle est celle qui apportera le profit maximum ?

Cette carrière finale une fois choisie, le profit final de l'exploitation est déterminé. Les profits intermédiaires dépendront du choix du projet d'exploitation.

Définir un projet d'exploitation à ciel ouvert, c'est avant tout définir une succession de carrières partielles.

Dans un système de coordonnées profit/volume, reportons le profit cumulé et le volume cumulé atteints à la fin de chaque carrière partielle puis, en partant de l'origine des coordonnées, joignons par des segments de droite les points ainsi définis : nous obtenons la courbe de profit du projet choisi, qui traduira les profits intermédiaires réalisés en fonction du volume extrait.

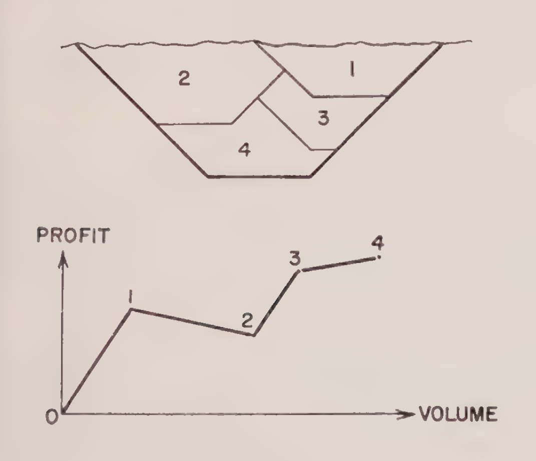


Fig 1
Un projet d'exploitation et sa courbe de profit.

Pour exploiter une même carrière finale, il existe une multitude de projets possibles et chaque projet est caractérisé par sa courbe de profit. Le but de l'exploitation étant de réaliser les profits intermédiaires les plus rapides, la question se pose en ces termes : existe-t-il un projet d'exploitation dont la courbe de profit enveloppe les courbes de profits de tous les autres projets possibles, et s'il existe quel est-il ?

Dans un système de coordonnées poids/volumes, reportons toutes les carrières possibles : nous obtenons un nuage de points. Nous appellerons la surface occupée par ce nuage de points le domaine de toutes les carrières possibles.

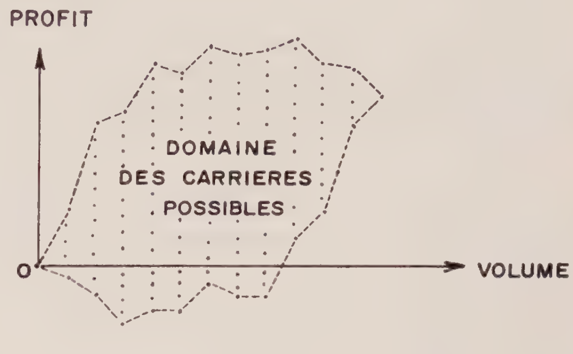


Fig. 2

Dans le domaine des carrières possibles présenté par la figure 3, les 4 carrières suivantes représentent un maximum

- G est la carrière de volume maximum, celle qui contient toutes les autres
- 4 est la carrière de profit maximum
- 2 est la carrière qui apporte le maximum de profit supplémentaire par rapport à ce que laissait prévoir le rapport profit/volume de la carrière G qui contient toutes les autres
- 1 est la carrière dont le rapport profit/volume est maximum.

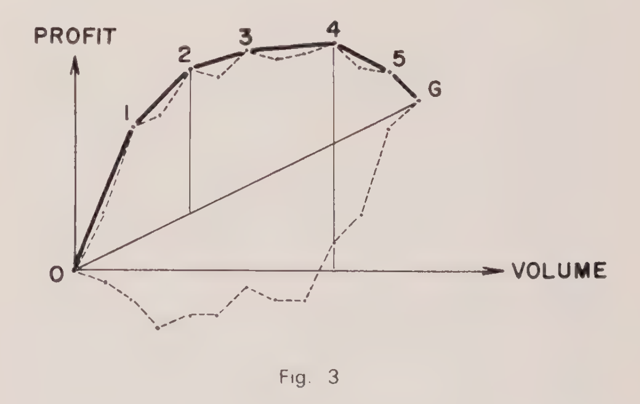


Fig. 3

La série des carrières qui, dans le domaine des carrières possibles, occupent un angle de l'enveloppe supérieure, à savoir la série 0, 1, 2, 3, 4, 5, G, contient chacune des 4 carrières qui représentent un maximum. De plus, nous verrons avec le théorème 7 que chacune des carrières de cette série 1, 2, 3, 4, 5, G contient toutes les carrières qui la précèdent dans la série.

Il existe donc un projet dont la courbe de profit s'identifie à l'enveloppe supérieure de toutes les carrières possibles et enveloppe par là même toutes les courbes de profit possibles.

Le théorème 9 nous définira ce projet en démontrant que la courbe de profit d'une succession de carrières partielles s'identifie à l'enveloppe supérieure du domaine de toutes les carrières possibles si — et seulement si — la condition suivante est réalisée. Chaque carrière est, parmi toutes les carrières qui sont possibles au moment de sa mise en exploitation, celle pour laquelle le rapport profit/volume est maximum.

Pour définir la carrière 4, on dispose déjà de l'algorithme de Lerchs et Grossmann. Pour définir la série des carrières 1, 2, 3, 4, 5, on aura le choix entre les 3 algorithmes présentés dans cet article.

Du modèle au graphe

Les algorithmes proposés supposent que les données sont fournies par un modèle de calcul qui satisfait aux trois conditions suivantes :

1. L'espace occupé par le minerai et les matériaux stériles qui le recouvrent est découpé en volumes élémentaires égaux que nous appellerons blocs.
2. On a défini entre blocs une loi d'antécédence, selon laquelle l'enlèvement de tel bloc *i* devra obligatoirement être précédé par l'enlèvement de tel et tel bloc *j*.
3. On dispose, pour chaque bloc, d'un profit qui n'est autre que la valeur du minerai contenu par le bloc diminuée du coût d'enlèvement du bloc et qui peut de ce fait être positif, nul ou négatif.

Le modèle ainsi conçu est un ensemble d'éléments, les blocs, entre lesquels existent des antécédences. C'est donc un graphe. Tout bloc *i* du modèle devient le sommet *i* du graphe. Si la loi d'antécédence nous dit que le bloc *j* doit être enlevé avant le bloc *i*, le sommet *j* du graphe sera l'antécédent du sommet *i*.

De plus, chaque bloc du modèle est chargé d'un profit. Chaque sommet du graphe sera chargé d'un poids.

Le modèle se traduit donc par un graphe à sommets pondérés.

La notion de temps étant absente de ces données, les algorithmes proposés ne prennent pas en considération la notion d'actualisation.

I. LE PROBLEME EN TERMES DE GRAPHES

N.B. — Certains termes employés dans cet article n'appartiennent pas au vocabulaire généralement utilisé par la théorie des graphes. C'est ain qu'il sera question de sous-graphes-libres, de sou graphes neutres, de poids, de volume et de densit d'un sous-graphe, de branches, de tronçons d branches, de souches, de rameaux, de tronçons d rameaux. Chacun de ces termes sera défini le momer venu.

Graphes et sous-graphes

Un graphe est la représentation mathématiqu d'un ensemble et des correspondances qui existen entre éléments de cet ensemble.

Soient X, un ensemble d'éléments
Γ, l'ensemble des correspondances entr éléments de X.

La représentation mathématique de X et des co respondances qui existent entre éléments de X est graphe G = (X, Γ).

Chaque élément de X est un sommet du graphe G Si à un sommet *j* correspond un sommet *i*, cett correspondance est traduite par un arc qui va d sommet *j* vers le sommet *i*, le sommet *j* est l'antécé dent du sommet *i* et le sommet *i* est le conséquent d sommet *j*.

Un sous-graphe du graphe G est un graphe qu contient une partie des sommets de G, et tous les arc qui dans G relient ces sommets entre eux.

Soient A et B, deux sous-graphes de G.

La réunion A U B est le sous-graphe de G qui con tient tous les sommets qui appartiennent à l'un a moins des sous-graphes A et B.

L'intersection A ∩ B est le sous-graphe de G qu contient tous les sommets qui appartiennent à la fo à A et à B.

La différence A — B est le sous-graphe de G qu contient tous les sommets de A qui n'appartienner pas à B.

Une arête est un couple de deux sommets entr lesquels il existe un arc.

Une chaîne est une séquence d'arêtes telle qu deux arêtes consécutives ont un sommet commun.

Un graphe est connexe si, pour tout couple d sommets, il existe une chaîne allant de l'un à l'autre

Le sous-graphe A du graphe G est une composant connexe de G si les deux conditions suivantes sor remplies.

1. A est connexe
2. Il n'existe aucune chaîne reliant un sommet de A un sommet de G — A.

Les différentes composantes connexes de G con stituent une partition de G.

[Li]berté d'un sous-graphe

Soit A, un sous-graphe du graphe G.

A est libre relativement à G si aucun sommet de [G]-A n'est antécédent d'un sommet de A.

A est neutre relativement à G si aucun sommet de A [n']est antécédent d'un sommet de G-A.

[T]héorème 1

Toute composante connexe de G est à la fois libre et [n]eutre relativement à G.

En effet, soit A, une composante connexe de G. [P]uisqu'il n'existe aucune chaîne reliant A et G-A, a [fo]rtiori il n'existe aucune arête et aucun arc reliant les [d]eux sous-graphes. Un sommet de l'un ne peut pas [ê]tre antécédent d'un sommet de l'autre.

[T]héorème 2

Si deux sous-graphes sont libres relativement à G, [le]ur réunion est libre relativement à G.

En effet soient A et B, deux sous-graphes libres [r]elativement à G

$$R = A \cup B$$

Tout sommet de R appartient, soit à A, soit à B.

Tout sommet de G-R appartient à la fois à G-A et à [G]-B. Puisque A et B sont libres relativement à G, [a]ucun sommet de G-A n'est antécédent d'un sommet [d]e A, aucun sommet de G-B n'est antécédent d'un [s]ommet de B.

[T]héorème 3

Si deux sous-graphes sont libres relativement à G, [le]ur intersection est libre relativement à G.

En effet, soient A et B, deux sous-graphes libres [r]elativement à G

$$I = A \cap B$$

Tout sommet de I appartient à la fois à A et à B. [T]out sommet de G-I appartient, soit à G-A, soit à G-B. [M]ême raisonnement que pour le théorème 2.

[T]héorème 4

Si les deux sous-graphes A et B sont libres relati[v]ement à G, la différence B-A est libre relativement à [G]-A.

En effet, tout sommet de B-A est un sommet de B. [T]out sommet de (G-A) — (B-A) est un sommet de G [q]ui n'appartient pas à B, donc un sommet de G-B. [P]uisque B est libre relativement à G, aucun sommet [d]e G-B n'est antécédent d'un sommet de B.

Théorème 5

Si le sous-graphe A est libre relativement à G et si le sous-graphe B est libre relativement à G-A, leur réunion est libre relativement à G.

En effet, soit $R = A \cup B$.

Puisque A est libre relativement à G, aucun sommet de G qui n'appartient pas à A n'est antécédent d'un sommet de A. Puisque B est libre relativement à G-A, aucun sommet de G qui n'appartient ni à A ni à B n'est antécédent d'un sommet de B. Or, tous les sommets de R appartiennent, soit à A, soit à B et tous les sommets de G-R sont des sommets de G qui n'appartiennent ni à A ni à B.

Théorème 6

Si le sous-graphe A est libre relativement à G et si le sous-graphe B est compris dans G, l'intersection $A \cap B$ est libre relativement à B.

En effet, soit $I = A \cap B$.

Puisque A est libre relativement à G, aucun sommet de G qui n'appartient pas à A n'est antécédent d'un sommet de A. Or, tout sommet de I est un sommet de A. Puisque B est compris dans G, tout sommet de B-I est un sommet de G qui n'appartient pas à A.

Poids, volume, densité, Y relatif

A la notion de poids se trouve associée la notion de volume. Lorsque chaque sommet d'un graphe porte un poids, on convient que chaque sommet représente un volume élémentaire.

Puisque chaque sommet d'un graphe à sommets pondérés porte un poids, le poids d'un sous-graphe est égal à la somme des poids des sommets qu'il contient.

Puisque chaque sommet représente un volume élémentaire, le volume d'un sous-graphe est égal au nombre de sommets qu'il contient.

Nous conviendrons d'appeler densité le rapport poids/volume, bien que le terme poids spécifique soit en l'occurrence plus exact. La densité d'un sous-graphe est dès lors égale au poids du sous-graphe divisé par le nombre de sommets qu'il contient ; en d'autres termes, la densité d'un sous-graphe est égale à la moyenne arithmétique des poids des sommets qu'il contient.

Poids et volumes constituent un système de coordonnées qui permet de représenter chaque sous-graphe par un point. Convenons que les X représentent les volumes et que les Y représentent les poids. Représentons le sous-graphe A dans ce système de coordonnées. Joignons par un segment de droite le

point 0, origine des coordonnées, au point A, le rapport Y_A/X_A est égal au coefficient angulaire ou pente du segment OA.

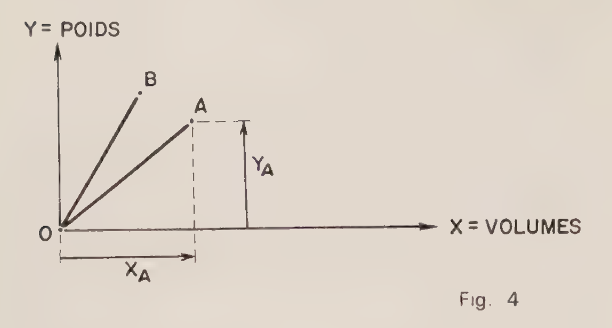


Fig. 4

Le poids du sous-graphe est représenté par Y_A.
Le volume du sous-graphe est représenté par X_A.
La densité du sous-graphe est représentée par le rapport Y_A/X_A.

En définissant dans ce système de coordonnées une échelle des poids et une échelle des volumes, on a par le fait même défini une échelle des densités pour tout sous-graphe que l'on reportera

(densité de B) > (densité de A)
⟺ (pente de OB) > (pente de OA).

Représentons le sous-graphe A et le graphe G qui contient A. Puisque G contient A, le poids de G est la somme du poids de A et du poids du sous-graphe (G-A), le volume de G est la somme du volume de A et du volume du sous-graphe (G-A). Il en résulte que $Y_G — Y_A$ représente le poids du sous-graphe (G-A), que $X_G — X_A$ représente le volume de ce même sous-graphe et enfin que le rapport $(Y_G — Y_A)/(X_G — X_A)$ représente sa densité.

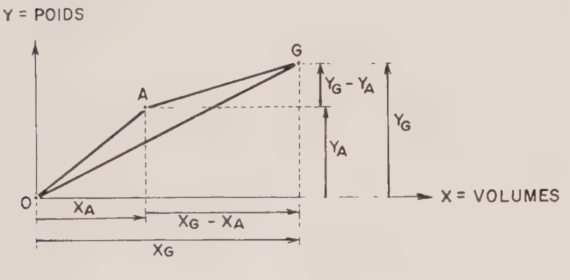


Fig 5

Or, $(Y_G — Y_A)/(X_G — X_A)$ est égal à la pente du segment de droite AG.

Pour tout sous-graphe A contenu dans un graphe G, la pente du segment AG traduit la densité du sous-graphe (G-A).

Soient PQ, une droite quelconque, I le point de PQ qui a le même X que A ; nous appellerons Y relatif de A par rapport à PQ la différence $Y_A — Y_I$.

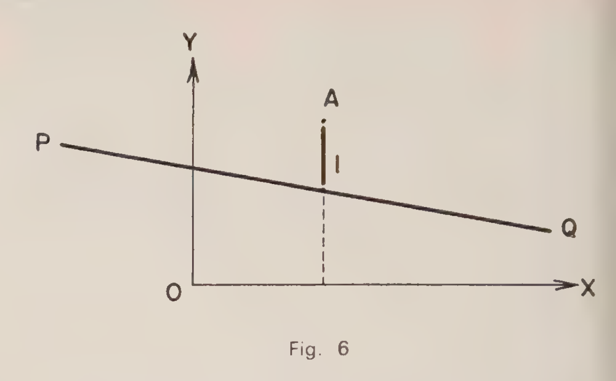


Fig. 6

L'enveloppe supérieure du domaine des sous graphes libres

Le domaine des sous-graphes libres du graphe (est l'ensemble de tous les points qui, dans un sys tème de coordonnées poids/volume représentent u sous-graphe libre relativement à G contenu dans G.

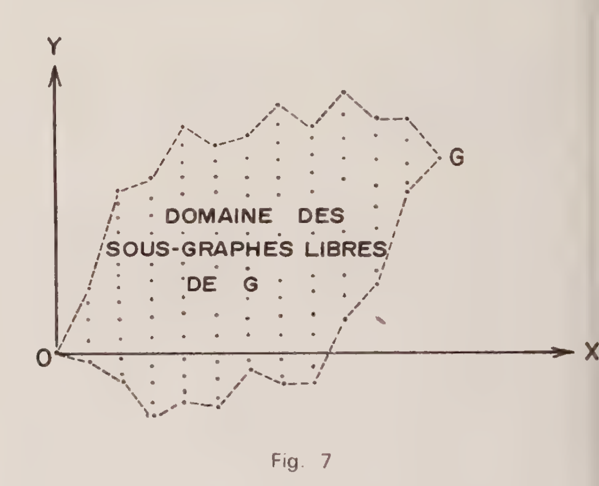


Fig. 7

Soient 0, l'origine des coordonnées, et G, le poir qui représente le graphe G.

L'enveloppe supérieure du domaine est une lign brisée qui joint le point 0 au point G, et qui a les deu propriétés suivantes :

1. Par rapport à chacune des droites qui contient l'u des segments de droite de la ligne brisée, to point du domaine a un Y relatif négatif ou nul.
2. Le sommet de tout angle de la ligne brisée form par deux segments consécutifs de pentes diff rentes est un point du domaine.

Nous appellerons sous-graphe de l'enveloppe s périeure un sous-graphe libre de G qui est représen dans le domaine par un point de l'enveloppe sup rieure.

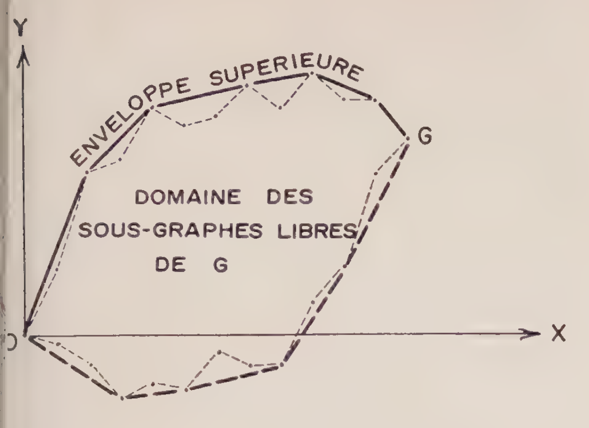


Fig. 8

Les inclusions entre sous-graphes de l'enveloppe supérieure

Lemme 1 — Soient I et J, deux sous-graphes de l'enveloppe supérieure.

Si les deux points I' et J' qui les représentent dans le domaine appartiennent au même segment d'enveloppe, leur intersection I ∩ J et leur réunion I ∪ J sont deux sous-graphes de l'enveloppe supérieure représentés par des points qui appartiennent au même segment d'enveloppe.

En effet, soient $K = I \cap J$
$L = I \cup J$

Des théorèmes 2 et 3 il résulte

$$\left.\begin{array}{r}\text{I est libre relativement à G}\\ \text{J est libre relativement à G}\end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l}\text{K est libre relativement à G}\\ \text{L est libre relativement à G}\end{array}\right.$$

Les points K' et L' qui représentent K et L dans le système de coordonnées appartiennent donc au domaine des sous-graphes libres de G.

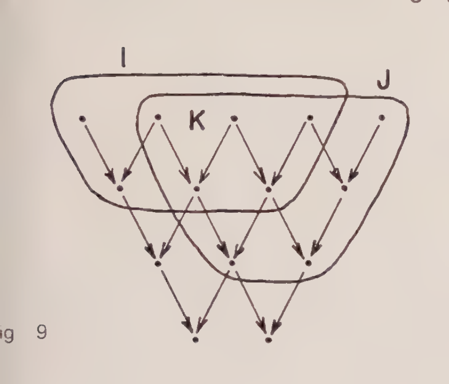
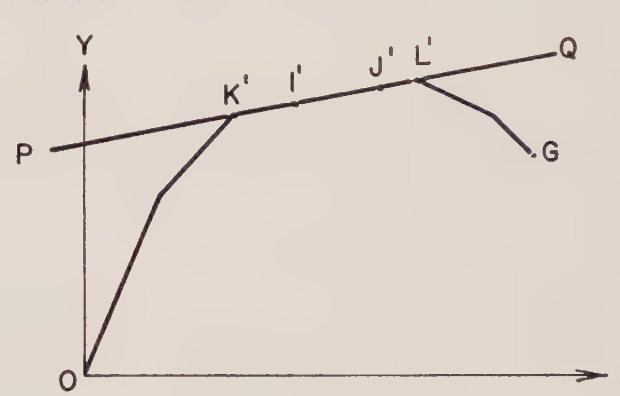


Fig 9



Soient P et V, le poids et le volume d'un sous-graphe

$$\left.\begin{array}{l}L = I \cup J\\ K = I \cap J\end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{lll}P_L = P_I + P_J - P_K & \Rightarrow & Y_{L'} = Y_{I'} + Y_{J'} - Y_{K'} \quad (1)\\ V_L = V_I + V_J - V_K & \Rightarrow & X_{L'} = X_{I'} + X_{J'} - X_{K'} \quad (2)\end{array}\right.$$

Soient PQ, la droite qui contient I'J'
$Y = aX + b$, l'équation de la droite PQ
y, l'Y relatif d'un point par rapport à la droite PQ

$$y_{I'} = Y_{I'} - aX_{I'} - b \quad (3)$$
$$y_{J'} = Y_{J'} - aX_{J'} - b \quad (4)$$
$$y_{K'} = Y_{K'} - aX_{K'} - b \quad (5)$$
$$y_{L'} = Y_{L'} - aX_{L'} - b \quad (6)$$

es équations (6), (1) et (2) $\Rightarrow$

$$y_{L'} = (Y_{I'} + Y_{J'} - Y_{K'}) - (aX_{I'} + aX_{J'} - aX_{K'}) - b$$
$$y_{L'} = (Y_{I'} - aX_{I'} - b) + (Y_{J'} - aX_{J'} - b) - (Y_{K'} - aX_{K'} - b) \quad (7)$$

$$\left.\begin{array}{lll}(7), (3), (4) \text{ et } (5) & \Rightarrow & y_{L'} = y_{I'} + y_{J'} - y_{K'}\\ I' \subset PQ & \Rightarrow & y_{I'} = 0\\ J' \subset PQ & \Rightarrow & y_{J'} = 0\end{array}\right\} \Rightarrow y_{L'} = -y_{K'}$$

Puisque I′ et J′ appartiennent au même segment d'enveloppe, la droite PQ contient ce segment d'enveloppe et, par rapport à PQ, les Y relatifs de tous les points du domaine sont négatifs ou nuls. Seuls, des Y relatifs nuls satisfont l'égalité $y_{L'} = - y_{K'}$.

Théorème 7

Soit I, un sous-graphe de l'enveloppe supérieure.

Si le point I′ qui représente I dans le domaine est un point de changement de pente de l'enveloppe, le sous-graphe I contient tout sous-graphe de l'enveloppe supérieure représenté par un point qui précède I′ quand on vient de l'origine O et il est contenu par tout sous-graphe de l'enveloppe représenté par un point qui suit I′.

En effet, le point I′ est à la fois extrémité terminale du segment d'enveloppe qui le précède et extrémité initiale du segment qui le suit.

Soient J′, l'extrémité initiale du segment d'enveloppe qui précède I′
K′, un point du domaine contenu par le segment J′ I′
L′, l'extrémité terminale du segment d'enveloppe qui suit I′
M′, un point du domaine contenu par le segment I′ L′.

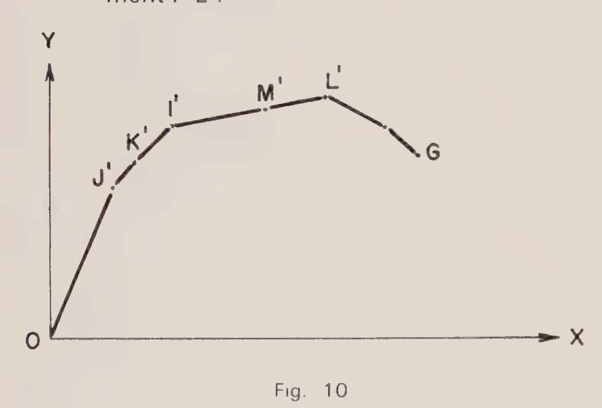


Fig. 10

Pour tout K′ représentant un sous-graphe K, les points I′ et K′ appartiennent au même segment d'enveloppe J′ I′. Il en résulte que la réunion K U I est représentée par un point de ce même segment. Le volume de cette réunion ne peut être que supérieur ou égal au volume de chacun des deux sous-graphes. L'X du point qui représente cette réunion ne peut être que supérieur ou égal à $X_{K'}$ et $X_{I'}$. Or, puisque I′ est l'extrémité terminale du segment J′ I′, aucun point du segment d'enveloppe J′ I′ n'a un X supérieur à $X_I{}'$. La réunion K U I ne peut donc être représentée que par le point I′. La réunion K U I a le même volume que I. I contient K.

J'appartient lui aussi au même segment que I′ et I contient le sous-graphe libre J représenté par le point J′.

J′ est à son tour l'extrémité terminale du segmen d'enveloppe qui le précède, et le sous-graphe J con tient à son tour tout sous-graphe libre représenté pa un point qui appartient au segment d'enveloppe qu précède J′ et ainsi de suite.

Pour tout point M′ représentant un sous-graphe M un raisonnement symétrique peut être effectué e raisonnant cette fois sur le volume de l'intersectio I ∩ M qui ne peut être qu'inférieur ou égal au volum de I. Le volume de l'intersection étant égal au volum de I, I est contenu dans M.

De même, le sous-graphe I est contenu dans L sous-graphe libre représenté par L′, lui-même con tenu dans tout sous-graphe représenté par un poin du segment d'enveloppe qui suit L′.

Corollaire — Soit K, un sous-graphe de l'enveloppe supérieure. Si le point K′ qui représente K dan le domaine appartient à un segment d'enveloppe qu a J′ comme extrémité initiale et I′ comme extrémit terminale, le sous-graphe K contient le sous-graphe J représenté par J′, ainsi que tout sous-graphe de l'en veloppe supérieure représenté par un point qui pré cède J′ et il est contenu par le sous-graphe I repré senté par I′, ainsi que par tout sous-graphe de l'en veloppe représenté par un point qui suit I′.

La condition pour appartenir à l'enveloppe supé rieure

Lemme 2 — La pente des segments d'envelopp décroît quand on va de O à G.

En effet, soit I, un point de l'enveloppe.

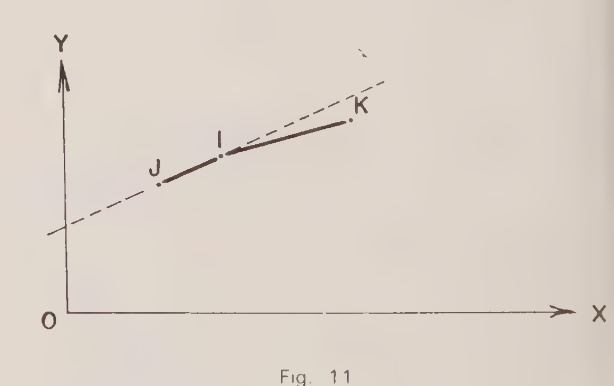


Fig. 11

Le segment d'enveloppe qui suit I, ne peut se te miner que par un point de changement de pente o par le point G, dans les deux cas, par un point K q appartient au domaine. L'Y relatif de K par rapport la droite qui contient le segment d'enveloppe J I q précède I est négatif ou nul. En conséquence, la pent de I K est inférieure ou égale à la pente de J I.

Lemme 3 — Soit I, un point de l'enveloppe su- érieure, pour toute droite dont la pente est inférieure u égale à la pente du segment d'enveloppe qui pré- ède I et supérieure ou égale à la pente du segment ui suit I, l'Y relatif de I par rapport à cette droite est upérieur ou égal à celui de tout autre point du do- aine.

En effet, soit P Q, une droite quelconque. Il résulte u lemme 2 que l'Y relatif à une droite P Q quel- onque d'un point qui parcourt l'enveloppe de 0 vers i varie de la façon suivante.

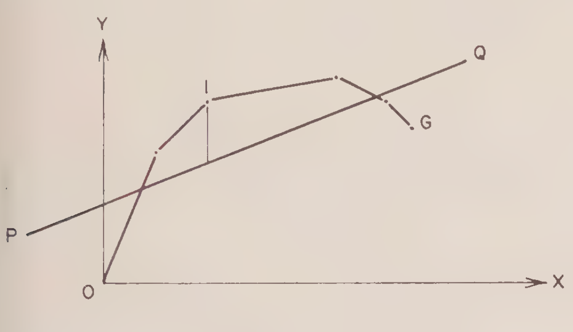


Fig. 12

Cet Y reiatif augmente aussi longtemps que le point arcourt un segment d'enveloppe dont la pente est upérieure à la pente de la droite P Q, il passe par une aleur maximale et décroît lorsqu'il parcourt un seg- ent dont la pente est inférieure à la pente de P Q. Si a pente du segment qui précède I est supérieure ou gale à la pente de P Q et si la pente du segment qui uit I est inférieure ou égale à celle de P Q, l'Y relatif à Q du point I a la valeur maximale que peut at- eindre, par rapport à P Q, l'Y relatif de tout point de enveloppe et à plus forte raison de tout point du omaine.

Lemme 4 — Soit I, un point du domaine. S'il xiste une droite telle que, par rapport à cette droite, Y relatif de I est supérieur ou égal à l'Y relatif de tous es autres points du domaine, le point I appartient à enveloppe supérieure.

En effet, soient J et K, deux points du domaine tels ue $X_J < X_I < X_K$ et L le point de la droite J K qui a le ême X que I.

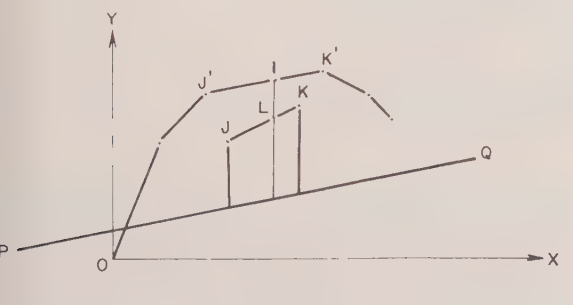


Fig. 13

$$\left.\begin{array}{l} X_J < X_I < X_K \\ X_L = X_I \end{array}\right\} \Rightarrow X_J < X_L < X_K$$

Puisque, sur la droite J K, L se trouve entre J et K, par rapport à n'importe quelle droite, l'Y relatif de L a une valeur intermédiaire entre les Y relatifs de J et de K.

S'il existe une droite pour laquelle l'Y relatif de I est supérieur ou égal aux Y relatifs de J et de K, l'Y relatif de I est également supérieur ou égal à l'Y relatif de L et, par rapport à la droite J K, l'Y relatif de I est positif ou nul.

S'il existe une droite par rapport à laquelle l'Y relatif de I est supérieur ou égal à l'Y relatif de tout J et de tout K, l'Y relatif de I par rapport à toute droite J K est positif ou nul, même lorsque J et K sont deux points de l'enveloppe.

Puisque, par rapport à une droite qui contient un segment d'enveloppe, l'Y relatif de I ne peut pas être positif, I appartient à l'enveloppe.

Lemme 5 — Soient

I, un point de l'enveloppe supérieure

J, un point du domaine tel que $X_J \neq X_I$.

1. Si $X_J > X_I$, tout point du domaine dont l'X est inférieur ou égal à X_I a, par rapport à la droite IJ, un Y relatif négatif ou nul.
2. Si $X_J < X_I$, tout point du domaine dont l'X est supérieur ou égal à X_I a, par rapport à la droite IJ, un Y relatif négatif ou nul.

En effet, soient

P Q, une droite qui contient I et dont la pente est comprise entre la pente du segment d'enveloppe qui précède et celle du segment d'enveloppe qui suit I

J' le point de P Q qui a le même X que J

I P la demi-droite de P Q qui a I pour extrémité et qui ne contient pas J'.

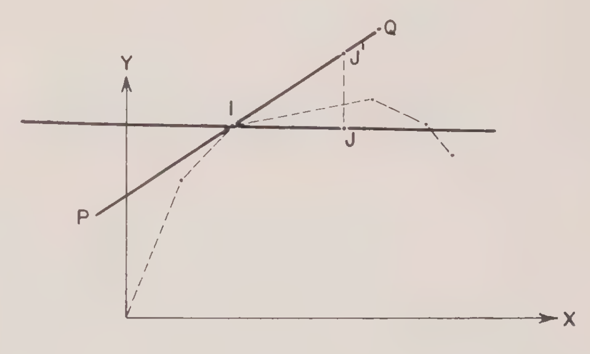


Fig. 14

Par rapport à la droite P Q, l'Y relatif de I est l'Y relatif maximum de tous les points du domaine (Lemme 3). Or, l'Y relatif de I est nul puisque la droite

PQ contient I. Par rapport à la droite P Q, tous les points du domaine ont un Y relatif négatif ou nul.

Par rapport à la droite IJ, l'Y relatif de J' est positif ou nul, puisque, par rapport à la droite P Q, l'Y relatif de J est négatif ou nul. Par rapport à la droite IJ, l'Y relatif de I est nul puisque IJ contient I. Par rapport à la droite IJ, l'Y relatif de tout point de la demi-droite IP est négatif ou nul.

Puisque, par rapport à PQ, l'Y relatif de tout point du domaine est négatif ou nul, tout point du domaine qui a le même X qu'un point de la demi-droite I P a, par rapport à la droite IJ, un Y relatif négatif ou nul.

Théorème 8

Soient : I un sous-graphe de l'enveloppe supérieure, représenté par le point I', et J, un sous-graph qui contient I et qui est libre par rapport à G, le poir J' qui représente J dans le système de coordonnée se trouve sur le segment d'enveloppe qui suit I' si — et seulement si — le sous-graphe (J — I) est l sous-graphe libre de densité maximum du reste d graphe (G — I).

Remarquons tout d'abord que :
I ⊂ J ⇒ pente du segment I'J' = densité de (J —

1. Si le point J' est sur le segment d'enveloppe qu suit I', la condition est réalisée.

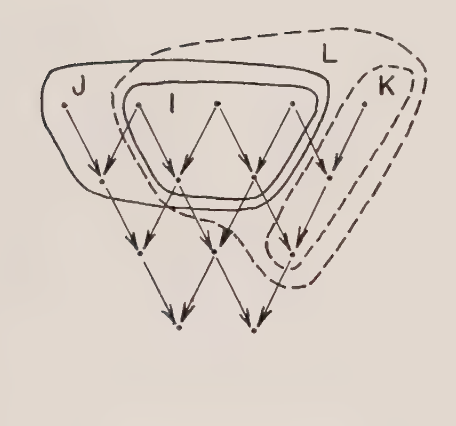
En effet, du théorème 4 il résulte :

J est libre par rapport à G
I est libre par rapport à G
} ⇒ (J — I) est libre par rapport à (G — I)

Soient K, un sous-graphe de (G — I) libre par rapport à (G — I) ; L = K ∪ I.

Du théorème 5, il résulte :

K est libre par rapport à (G — I)
I est libre par rapport à G
} ⇒ L est libre par rapport à G.



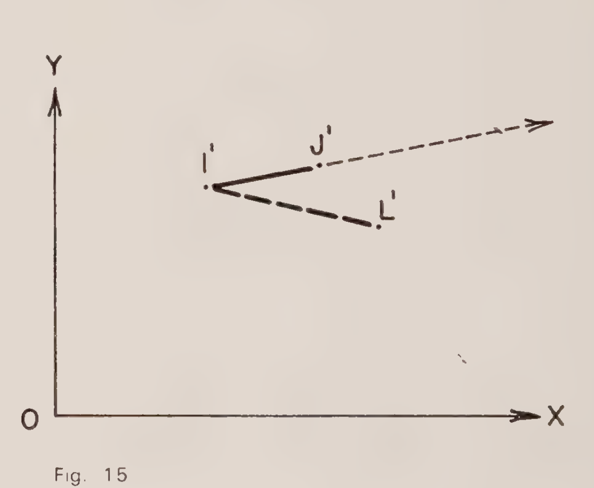


Fig. 15

Puisque L est libre relativement à G, le point L' qui représente L fait partie du domaine des sous-graphes libres de G.

Puisque I' et J' appartiennent au même segmer d'enveloppe, l'Y relatif de L' par rapport à la droit I'J' est négatif ou nul.

Il en résulte : pente de I'J' ⩾ pente I'L'.
Or I ⊂ L ⇒ pente de I'L' = densité de (L — I) = densité de K
pente de I'J' ⩾ pente de I'L' ⇒ densité de (J — I) ⩾ densité de K.

2. Si la condition est réalisée, J' est sur le segment d'enveloppe qui suit I'.

En effet, soient :
M, un sous-graphe qui est libre relativement à G.

M', le point qui représente M dans le système c coordonnées

N = M ∩ I, intersection de M et de I.

N', le point qui représente N dans le système c coordonnées.

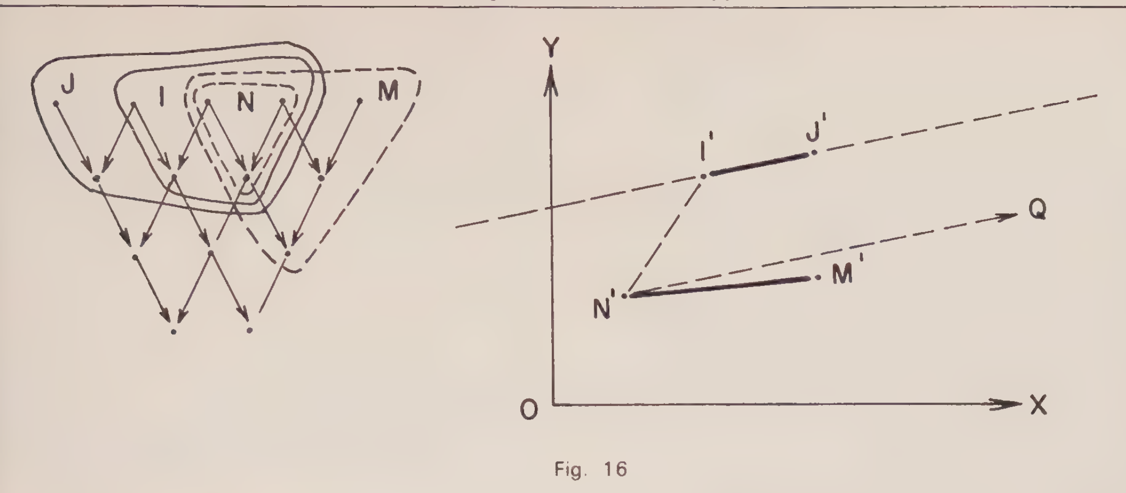


Fig. 16

Du théorème 3, il résulte :

$$\left.\begin{array}{l}\text{M est libre par rapport à G}\\ \text{I est libre par rapport à G}\end{array}\right\} \Longrightarrow \left\{\begin{array}{l}\text{N est libre par rapport à G}\\ \text{N'appartient au domaine}\end{array}\right.$$

$$N = M \cap I \Longrightarrow \text{volume de } N \leqslant \text{volume de } I \Longrightarrow X_{N'} \leqslant X_{I'} < X_{J'}.$$

I' est sur l'enveloppe, N' et J' sont des points du domaine, par rapport à la droite I'J', l'Y relatif de N' est négatif ou nul (lemme 5).

Soit N'Q, une droite parallèle à I'J' et contenant N'. Puisque N'Q est parallèle à I'J', tout point de N'Q a, par rapport à I'J', le même Y relatif que N', c'est-à-dire un Y relatif négatif ou nul.

$N \subset M \Longrightarrow$ pente de N'M' = densité de (M—N)

$N = M \cap I \Longrightarrow M - N = M - I \Longrightarrow$ pente de N'M' = densité de (M — I).

Du théorème 4, il résulte :

$$\left.\begin{array}{l}\text{M est libre par rapport à G}\\ \text{I est libre par rapport à G}\end{array}\right\} \Longrightarrow \text{(M' — I) est libre par rapport à (G — I)}$$

Si la densité de (J—I) est supérieure ou égale à la densité de (M—I), les pentes de I'J' et N'Q sont supérieures ou égales à la pente de N'M' et, par rapport à N'Q, l'Y relatif de M' est négatif ou nul. Puisque, par rapport à I'J', tout point de N'Q a lui-même un Y relatif négatif ou nul, l'Y relatif de M', par rapport à I'J', est négatif ou nul.

Si pour tout M, la densité de (J — I) est supérieure ou égale à la densité de (M — I), tout point du domaine dont l'X est supérieur à X_I a, par rapport à la droite I'J', un Y relatif négatif ou nul. Or en vertu du lemme 5, tout point du domaine dont l'X est inférieur ou égal à X_I a la même propriété. Donc, si la densité de (J — I) est supérieure ou égale à la densité de tout autre sous-graphe libre de (G — I), tout point du domaine, quel que soit son X, a par rapport à la droite I'J' un Y relatif négatif ou nul.

Courbe de poids d'une succession de soustractions de sous-graphes libres

Soit une succession de soustractions telle que chaque soustraction enlève un sous-graphe de G qui est libre par rapport à ce qui reste du graphe G à la suite des soustractions précédentes.

La courbe de poids de cette succession de soustractions est, dans un système de coordonnées poids/volume, la ligne brisée qui remplit les deux conditions suivantes :

1. Tout sommet *i* représente l'ensemble des sous-graphes enlevés depuis la soustraction *o* jusqu'à la soustraction *i*.
2. Tout sommet *i* est relié par un segment de droite au sommet *i* — 1.

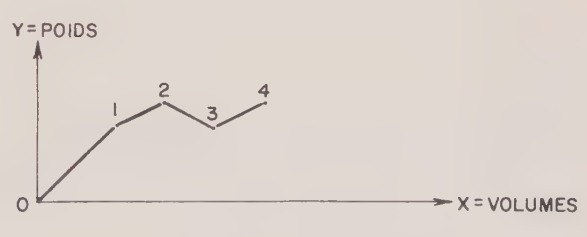


Fig. 17

Le sous-graphe représenté par tout sommet *i* de la courbe de poids contient tout sous-graphe représenté par un sommet qui précède *i* sur la courbe de poids.

Soient *i* et *j*, deux sommets consécutifs, I et J, les sous-graphes qu'ils représentent.
I ⊂ J ⟹ la soustraction *j* a enlevé le sous-graphe (J—I).

La soustraction 1 enlève le sous-graphe (1 — 0), est vide, 1 — 0 = 1. La soustraction 1 enlève l sous-graphe 1. Au moment de la soustraction 1, l graphe G est entier. 1 est libre relativement à G.

La soustraction 2 enlève le sous-graphe (2 — 1 Ce qui reste de G au moment de la soustraction 2 es (G — 1). Le sous-graphe (2 — 1) est libre relative ment à (G — 1).

1 est libre par rapport à G
(2 — 1) est libre par rapport à (G — 1) } ⟹ 2 est libre par rapport à G

etc...

Tout sommet de la courbe de poids représente un sous-graphe qui est libre par rapport à G et appartient au domaine des sous-graphes libres de G.

Théorème 9

La courbe de poids d'une succession de soustractions de sous-graphes libres d'un graphe G est égale à l'enveloppe supérieure du domaine des sous-graphes libres de G si — et seulement si — chaque soustraction enlève le sous-graphe libre de densité maximum dans le graphe restant au moment de la soustraction.

En effet, soient *i* et *j*, deux sommets consécutifs de la courbe de poids, I et J, les sous-graphes qu'ils représentent. Puisque J contient I, si le sommet *i* est sur l'enveloppe, nous sommes dans le cas du théorème 8, le sommet *j* sera sur le segment d'enveloppe qui suit *i* si — et seulement si — le sous-graphe (J — I) est le sous-graphe libre de densité maximale de (G — I), c'est-à-dire si — et seulement si — la soustraction *j* enlève à (G — I) son sous-graphe libre de densité maximale. Or, le sommet 0 de la courbe de poids est sur l'enveloppe supérieure.

Le problème

Le problème à résoudre est de définir cette succession de soustractions dont la courbe de poids s'identifie à l'enveloppe supérieure du domaine des sous-graphes libres de G.

Il peut être résolu par deux méthodes :

1. Définir le sous-graphe libre de densité maximale, le retirer du graphe G, et recommencer sur ce qui reste du graphe G.
2. Définir un sous-graphe I de l'enveloppe supérieure.

Séparer I de G — I et recommencer sur chacun des deux sous-graphes qu'on vient de séparer.

Trois algorithmes sont proposés pour résoudre ce problème : les deux premiers utilisent la première méthode, le troisième utilise la seconde

II. PREMIER ALGORITHME

Graphes partiels

Si dans le graphe G, on supprime un ou plusieur arcs, on obtient le graphe partiel G'.
Soient I, un sous-graphe de G.
I', le sous-graphe de G' qui contient les même sommets que I.

Le poids des sommets est le même dans G et dan G'. Il en résulte que I et I' ont même poids et mêm densité.

Si le sous-graphe I est libre relativement à G, aucu sommet de G — I n'est antécédent d'un sommet de Aucun sommet de G' — I' n'est alors antécédent d I', puisque tout arc de G' existe dans G. Si I est libr relativement à G, I' est également libre relativement G'.

Si I' est libre relativement à G', cela signifi qu'aucun sommet de G' — I' n'est antécédent d'u sommet de I'. Mais un sommet de G — I peut alo être antécédent d'un sommet de I, puisque G contien des arcs que G' ne contient pas.

Théorème 10

Soient
G, un graphe et G', un graphe partiel de G.
A, un sous-graphe de G et A', le sous-graphe de G qui contient les mêmes sommets que A.

Les deux conditions suivantes suffisent pour que soit sous-graphe libre de densité maximum de G.

1. A' est sous-graphe libre de densité maximum d G'
2. A est libre relativement à G.

En effet, soient M un sous-graphe de G libre relat vement à G. M' le sous-graphe de G' qui contient le mêmes sommets que M.

(A contient les mêmes sommets que A') ⟹ (densi de A = densité de A')

Pour tout M (M contient les mêmes sommets qu M') ⟹ (densité de M = densité de M')

(M est libre par rapport à G) ⟹ (M' est libre p rapport à G').

Si A′ est sous-graphe libre de densité maximale de ′, pour tout M′ la densité de A′ est supérieure ou gale à la densité de M′, pour tout M la densité de A st supérieure ou égale à la densité de M.

Si A est libre relativement à G, A est sous-graphe ore de densité maximale de G.

es sous-graphes compacts

On dira que le sous-graphe A est compact si la ensité de A est supérieure ou égale à la densité de out sous-graphe contenu dans A et libre relativement A.

Théorème 11

Si le graphe G est partitionné en sous-graphes qui tous sont compacts, et si le sous-graphe de la partition qui a la densité maximale est libre relativement à G, ce sous-graphe est le sous-graphe libre de densité maximale de G.

En effet, soit A, le sous-graphe de la partition qui a la densité maximum. Puisque A est le sous-graphe de la partition qui a la densité maximale, la densité de A est supérieure ou égale à la densité de tout sous-graphe I de la partition. Puisque tout sous-graphe I de la partition est compact, la densité de A est supérieure ou égale à la densité de tout sous-graphe contenu par le sous-graphe I et qui est libre relativement à I.

Soit M, un sous-graphe de G, libre relativement à G. En application du théorème 6, nous avons :

$$\left.\begin{array}{l}\text{M est libre par rapport à G}\\ I \subset G\end{array}\right\} \Longrightarrow (M \cap I) \text{ est libre par rapport à I}$$

La densité de A est supérieure ou égale à la densité e l'intersection de M avec chacun des sous-graphes e la partition. Par conséquent, la densité de A est upérieure ou égale à la densité de tout sous-graphe 1.

rbres, forêts et branches

Un arbre est un graphe fini, connexe, sans cycle.

Une forêt est un graphe dont chaque composante nnexe est un arbre.

Une branche est un sous-graphe connexe d'un bre relié au reste de l'arbre par un seul arc. Par tension, on considèrera l'arbre tout entier comme ne branche, mais si l'on veut préciser qu'une anche ne contient pas l'arbre tout entier, on l'apellera une branche véritable.

Un tronçon de branche est un sous-graphe connexe d'un arbre relié au reste de l'arbre par plusieurs arcs.

Tout arc d'un arbre relie deux branches :

— Celle qui contient l'extrémité initiale de l'arc est libre, relativement à l'arbre et à tout sous-graphe de l'arbre.
— Celle qui contient l'extrémité terminale de l'arc est neutre relativement à l'arbre et à tout sous-graphe de l'arbre.

Théorème 12

Un arbre est compact si — et seulement si — l'une des deux conditions suivantes est réalisée :

1. la densité de toute branche libre est inférieure ou égale à la densité de l'arbre.
2. la densité de toute branche neutre est supérieure ou égale à la densité de l'arbre.

1 Les deux conditions sont équivalentes.

En effet, soient A, un arbre ; L, une branche libre de A.

Pour tout L :
L est une branche libre de A $\Longleftrightarrow$ (A — L) est une branche neutre de A,
puisque $L \subset A$:

$$d_L \leqslant d_A \Longleftrightarrow d_A \leqslant d_{(L-A)}$$

2 Si l'arbre est compact, la condition 1 est réalie.

Toute branche libre est un sous-graphe libre de rbre.

3 Si l'une des conditions est réalisée, l'arbre est mpact.

Les seuls sous-graphes connexes que peut contenir un sous-graphe libre de l'arbre sont des branches libres, ou des tronçons libres. Soit T, un tronçon libre égal à la branche libre L amputée d'un ensemble de branches neutres N.

$$T = L - N$$

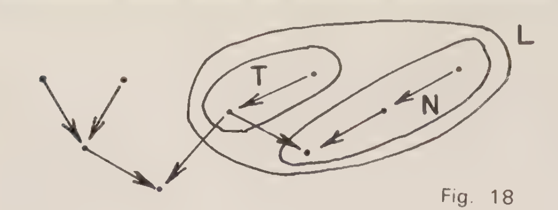


Fig. 18

Si l'une des conditions est remplie, nous avons :

$$\left.\begin{array}{l} d_L \leqslant d_A \leqslant d_N \\ \text{or} \quad T \subset L \\ \qquad T = L - N \end{array}\right\} \Rightarrow d_T \leqslant d_L \leqslant d_A \leqslant d_N \Rightarrow d_T \leqslant d_A$$

Si l'une des conditions est remplie, la densité de tout tronçon libre, de toute branche libre, de tout sous-graphe libre de A est inférieure ou égale à la densité de A.

La partition d'un arbre quelconque en arbres compacts

Soit A, un arbre quelconque. Le processus suivant permettra de le partitionner en arbres compacts.

1 Identifier la branche libre l de densité maximum

2 Si l = A, A est compact.
Si l ne comprend qu'une partie de A, aller en 3.

3 Supprimer l'arc qui relie l à (A — l). On obtient deux arbres quelconques.
Pour chacun d'eux, retourner en 1.

Si l'arbre contient un nombre fini de sommets, le processus comporte un nombre fini d'opérations.

L'algorithme des arbres compacts

La séquence des sous-graphes libres de densité maximale enlevés par la succession de soustractions dont la courbe de poids se confond avec l'enveloppe supérieure du domaine des sous-graphes libres du graphe G, peut être obtenue par ce premier algorithme.

1. A partir du graphe G, construire un graphe partiel G', en forme de forêt quelconque.
2. Partitionner chaque arbre de G' en arbres compacts.
3. Identifier l'arbre I' qui a la densité maximale.
   Soit I, le sous-graphe du graphe complet G qui contient les mêmes sommets que I'. Si I est libre relativement à G, aller en 5. Sinon aller en 4.
4. Soit *j*, un sommet de (G—I), antécédent du sommet *i* de I.
   Ajouter au graphe partiel G', l'arc qui relie *j* à *i*. Partitionner le nouvel arbre créé en arbres compacts. Retourner en 3.
5. Le sous-graphe I prend place dans la séquence des sous-graphes libres de densité maximale.
   I est retranché du graphe G. I' est retranché du graphe partiel G'. Si les deux graphes sont vides, le traitement est terminé. Sinon retourner en 3 (voir exemple en Annexe 2).

Discussion de l'algorithme

Le graphe partiel G', à l'entrée de l'opération 3, est une forêt qui ne contient que des arbres compacts. Chaque arbre étant une composante connexe de G' est libre relativement à G' en vertu du théorème 1 : l'ensemble des arbres de la forêt définit une partition de G' en sous-graphes qui sont compacts.

Il en résulte que I' est sous-graphe libre de densité maximale du graphe partiel G'. Si I est libre relativement au graphe complet G, I est sous-graphe libre de densité maximale de G.

Si le nombre de sommets de G est un nombre fini, le nombre de graphes partiels possibles est un nombre fini. Si l'algorithme ne peut pas générer deux fois le même graphe partiel, le nombre d'opérations qu'il demandera pour traiter le graphe G sera un nombre fini.

L'algorithme comporte deux boucles : les séquences d'opérations 3, 5, 3 et 3, 4, 3.

Chaque fois que le traitement passe par la boucle 3, 5, 3, le volume de G' diminue. Cette boucle ne peut donc pas générer deux fois le même G'.

Soient :

G'_0, le graphe partiel à l'entrée d'une boucle 3, 4, 3.
$d_{I'}$ et $v_{I'}$, la densité et le volume de I'.
J', l'arbre de G'_0 qui contient le sommet *j*.
$d_{J'}$, la densité de J'.
G'_1, le graphe partiel à la sortie de la boucle.

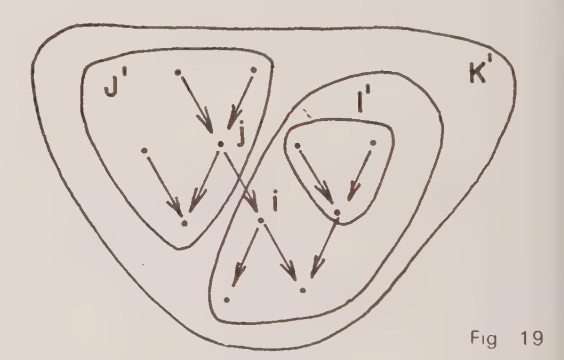


Fig 19

G'_0 peut être caractérisé par l'arbre de densité maximale I'. Puisque I' est l'arbre de densité maximale de G'_0

$$d_{J'} \leqslant d_{I'}$$

Lorsque l'opération 4 ajoute l'arc qui relie *j* à *i*, un nouvel arbre K' est créé qui contient J' et I'.

Si $d_{J'} = d_{I'} \Rightarrow d_{K'} = d_{J'} = d_{I'}$ et K' est compact. K' n'est alors pas partitionné et se retrouve tout entier dans G'_1 à la sortie de la boucle. I' a été remplacé dans le graphe partiel par un arbre de même densité qui contient I' agrandi d'une nouvelle branche libre.

Si $d_{J'} < d_{I'} \Rightarrow d_{J'} < d_{K'} < d_{I'}$. K' dans ce cas peut ître compact ou ne pas l'être.

Si K' est compact, il se retrouve tout entier dans G'_1. A la sortie de la boucle, I' a été remplacé par un ırbre de densité inférieure.

Si K' n'est pas compact, il est partitionné par l'opération 4. L'arbre de la partition qui a la densité maximale ne peut être qu'une branche libre de K' dont la densité est supérieure à la densité de K'. Une branche libre de K' ne peut contenir qu'une ancienne branche libre de J' et/ou une ancienne branche libre de I'.

J' est compact, $d_{J'} < d_{K'}$ $\Rightarrow$ la densité d'une branche libre de J' est inférieure à $d_{K'}$.

.'arbre de la partition qui a la densité maximale conient donc obligatoirement une ancienne branche bre de I' avec ou sans une ancienne branche libre de '.

'est compact $\Rightarrow$ densité branche libre de I' $\leqslant d_{I'}$.

Si l'arbre de la partition qui a la densité maximale ontient une ancienne branche libre de J', sa densité st inférieure à $d_{I'}$.

S'il ne contient qu'une ancienne branche libre de ', sa densité est inférieure ou égale à $d_{I'}$. Sa densité eut donc être égale à $d_{I'}$, mais dans ce cas il contient n arbre I' amputé d'une branche neutre.

A l'entrée de la boucle 3, 4, 3, I' était l'arbre de lensité maximale de la forêt G'_0. A la sortie de la oucle, il arrive dans deux cas que l'un des nouveaux rbres créés par la boucle ait conservé la densité de ' : dans le premier cas, cet arbre est égal à l'arbre I' grandi d'une nouvelle branche libre, dans le deuième cas, il est égal à I' amputé d'une branche eutre. Dans les deux cas, l'arbre de densité maxiale de la forêt a glissé en direction des antécédents. Dans tous les autres cas, les nouveaux arbres créés ar la boucle ont une densité inférieure à la densité de '.

Les boucles successives ne pourront donc pas créer ne forêt qui a de nouveau I' comme arbre de densité naximale.

III. DEUXIEME ALGORITHME

Racine, souche et rameaux

La racine d'un arbre est un sommet qui se distingue es autres parce qu'on l'a désigné comme racine.

Une souche est un sous-graphe connexe d'un arbre ui contient la racine de cet arbre.

Un rameau est une branche qui ne contient pas la acine de l'arbre. Toutefois, par extension on consiérera l'arbre tout entier comme un rameau. Et lorsqu'on voudra préciser que le rameau ne contient pas l'arbre tout entier, on l'appellera rameau véritable.

Un tronçon de rameau est un tronçon de branche qui ne contient pas la racine.

Forêt sous-compacte

Une forêt sous-compacte est une forêt dont tous les arbres ont une racine et qui a la propriété suivante : la densité de tout rameau libre est inférieure ou égale à la densité de tout véritable rameau neutre.

A la limite, une forêt dont tous les arbres ont une racine mais qui ne contient aucun véritable rameau neutre est une forêt sous-compacte.

Théorème 13

Le rameau libre de densité maximale d'une forêt sous-compacte est sous-graphe libre de densité maximale de cette forêt.

En effet, soient G, une forêt sous-compacte ; A, un rameau libre de densité maximale.

Les seuls sous-graphes connexes que peut contenir un sous-graphe libre de G sont :

des rameaux libres, L
des tronçons de rameaux libres, T
des souches libres, S.

Tout tronçon de rameau libre T est égal à un rameau libre L amputé d'un ou plusieurs véritables rameaux neutres N. Toute souche libre S est égale à un arbre B amputé d'un ou plusieurs véritables rameaux neutres N. Puisqu'il est une composante connexe de la forêt, tout arbre B est un rameau libre L. Toute souche libre S est donc égale à un rameau libre L amputé d'un ou plusieurs véritables rameaux neutres N.

G est une forêt sous-compacte $\Rightarrow$ Pour tout L et tout N, $d_L \leqslant d_N$
A est rameau libre de densité maximum $\Rightarrow$ Pour tout L, $d_L \leqslant d_A$.

Pour tout T ; T = L — N ; $d_L \leqslant d_N$ $\Rightarrow d_T \leqslant d_L \leqslant d_N$

$d_L \leqslant d_A$

Pour tout S, S = L — N ; $d_L \leqslant d_N$ $\Rightarrow d_S \leqslant d_L \leqslant d_N$

$\Rightarrow$ Pour tout T, $d_T \leqslant d_A$
$\Rightarrow$ Pour tout S, $d_S \leqslant d_A$

Théorème 14

Soient :
G, une forêt sous-compacte
A, son rameau libre de densité maximale.
Si l'on retranche le rameau A de la forêt G, le reste (G—A) est une forêt sous-compacte.

En effet, les rameaux que contient (G—A) sont, o bien des rameaux de G restés entiers, ou bien de rameaux amputés de A.
Soit L, un rameau libre de G.

A est rameau libre de densité maximum. $\Rightarrow$ Pour tout L, $d_L \leqslant d_A$

$d_L \leqslant d_A \Rightarrow d_{(L-A)} \leqslant d_L \leqslant d_A \Rightarrow$ Pour tout (L — A) $d_{(L-A)} \leqslant d_A$

Soit N, un véritable rameau neutre.

G est une forêt sous-compacte
A est un rameau libre $\Rightarrow$ Pour tout N, $d_A \leqslant d_N$

$d_A \leqslant d_N \Rightarrow d_A \leqslant d_N \leqslant d_{(N-A)}$ $\Rightarrow$ Pour tout (N — A), $d_A \leqslant d_{(N-A)}$

La densité de tout rameau libre de (G — A) est inférieure ou égale à la densité de A, elle-même inférieure ou égale à la densité de tout véritable rameau neutre de (G — A).

Théorème 15

Soient :
G, une forêt sous-compacte
A, un rameau libre de densité maximale.

Si l'on supprime l'arc qui relie A à (G — A) et si l'o ajoute un nouvel arc qui fait de A un véritable ramea neutre, la nouvelle forêt obtenue est sous-compacte et A est son véritable rameau neutre de densité min male.

En effet, soit G_2, la nouvelle forêt. Les rameaux qu contient G_2 sont :
— ou bien des rameaux de G demeurés inchangés
— ou bien des rameaux de G amputés de A
— ou bien des rameaux de G réunis à A.

Soit L, un rameau libre de G.
A est rameau libre de densité maximale de G $\Rightarrow$ Pour tout L, $d_L \leqslant d_A$

$$d_L \leqslant d_A \Rightarrow \begin{cases} d_{(L-A)} \leqslant d_L \leqslant d_A & \text{Pour tout (L—A), } d_{(L-A)} \leqslant d_A \\ d_L \leqslant d_{(L \cup A)} \leqslant d_A & \text{Pour tout (L U A), } d_{(L \cup A)} \leqslant d_A \end{cases}$$

Soit N, un véritable rameau neutre de G

G est une forêt sous-compacte
A est rameau libre de G $\Rightarrow$ Pour tout N, $d_A \leqslant d_N$

$$d_A \leqslant d_N \Rightarrow \begin{cases} d_A \leqslant d_N \leqslant d_{(N-A)} & \Rightarrow \text{Pour tout (N—A), } d_A \leqslant d_{(N-A)} \\ d_A \leqslant d_{(N \cup A)} \leqslant d_N & \Rightarrow \text{Pour tout (N U A) } d_A \leqslant d_{(N \cup A)} \end{cases}$$

La densité de tout rameau libre de G_2 est inférieure ı égale à la densité de A, elle-même inférieure ou jale à la densité de tout rameau neutre de G_2.

algorithme de la forêt sous-compacte

La séquence des sous-graphes libres de densité aximale qu'enlève la succession des soustractions ont la courbe de poids épouse l'enveloppe du doaine des sous-graphes libres de G, peut également re obtenue par ce deuxième algorithme.

A partir du graphe G, construire un graphe partiel G′ qui est une forêt dont tous les arbres ont une racine et qui ne contient aucun véritable rameau neutre.

Sélectionner dans G′, le rameau libre A′ qui a la densité maximale. Soit A, le sous-graphe de G qui contient les mêmes sommets que A′. Si un sommet *j* de (G—A) est antécédent d'un sommet *i* de A, aller en 3. Si A est libre relativement à G, aller en 4.

Si A′ est un rameau véritable, supprimer du graphe partiel G′, l'arc qui dans G relie A′ à (G′—A′). Si A′ est un arbre entier, la racine de cet arbre perd sa qualité de racine. Ajouter au graphe partiel G′ l'arc qui dans G relie *j* à *i*. Retourner en 2.

Le sous-graphe A prend place dans la séquence des sous-graphes libres de densité maximale. Retirer A du graphe G. Retirer A′ du graphe partiel G′. Si les 2 graphes sont vides, le traitement est terminé. Sinon aller en 2.
(voir exemple en Annexe 3).

iscussion de l'algorithme

L'opération 1 crée un graphe partiel qui est une rêt sous-compacte. Quand on entre pour la preière fois dans l'opération 2, A′ est donc le sousaphe libre de densité maximale de G′.

Si A est libre dans le graphe complet, A est le us-graphe libre de densité maximale de G, et l'oération 4, en retranchant A′ de G′, crée un nouveau aphe partiel G′ qui est toujours une forêt sousmpacte (théorème 14).

Si A n'est pas libre relativement à G, l'opération 3 faisant de A′ un véritable rameau neutre crée, e-aussi, un nouveau G′ qui est toujours une forêt us-compacte (théorème 15).

Quelle que soit la boucle empruntée, lorsqu'on reent à l'opération 2, le graphe partiel G′ est resté une rêt sous-compacte.

Si le nombre de sommets que contient G est fini, le mbre de graphes partiels possibles de G est un mbre fini. Si l'algorithme ne peut pas générer deux fois le même graphe partiel, le nombre d'opérations qu'il demandera pour traiter G est un nombre fini. Le même graphe partiel ne sera pas généré deux fois si le rameau libre A′, une fois transformé en rameau neutre par l'opération 3, ne peut plus redevenir un rameau libre dans la suite du traitement.

Les rameaux libres de densité maximale que la suite du traitement rencontrera sont de trois sortes :

— ceux qui sont contenus par le rameau A′ actuel,
— ceux qui ne sont pas contenus par le rameau A′ actuel et qui ne le contiennent pas,
— ceux qui contiennent le rameau A′ actuel.

Avant de devenir des rameaux neutres, ceux qui sont contenus dans A′ seront séparés de A′, puisque l'arc qui les relie à A′ sera supprimé par l'opération 3. A ce moment-là, le rameau A′ actuel les perdra, mais ce qui restera de A′ sera toujours un rameau neutre

Ceux qui ne sont pas contenus dans A′ et qui ne contiennent pas A′ deviendront rameaux neutres, soit de A′ lui-même, soit du reste du graphe. Dans le premier cas, A′ sera contenu dans le nouveau rameau neutre. Il sera lui-même un tronçon de rameau ni libre ni neutre. Dans le deuxième cas, A′ sera resté inchangé.

Lorsque ceux qui contiennent A′ seront devenus rameaux neutres, A′ sera contenu dans le nouveau rameau neutre. Suivant la position du nouvel arc, A′ sera resté un rameau neutre ou sera devenu un tronçon de rameau neutre. Dans aucun cas, A′ ne peut redevenir un rameau libre.

IV. TROISIEME ALGORITHME

La dichotomie d'Archimède

Soient :

OP, une droite passant par le point 0 origine des coordonnées

d, le coefficient angulaire ou pente de cette droite

I, un point du domaine des sous-graphes libres de G.

l'Y relatif de I par rapport à OP est égal à
$Y_I — (D \times X_I)$

Y_I représente le poids du sous-graphe I, X_I son volume, D une densité, $(D \times X_I)$ le produit d'une densité par le volume de I.

Si I était plongé dans un liquide d'une densité égale à D, $(D \times X_I)$ représenterait la poussée d'Archimède subie par I, et l'Y relatif $Y_I — (D \times X_I)$ représenterait la résultante entre deux forces : le poids de I et la poussée d'Archimède que I subit. C'est cette résultante que nous appellerons le poids relatif.

Le poids de I relatif à la densité D est égal au poids de I diminué du produit de D par le volume de I. Si la

densité de I est supérieure à D, le poids de I relatif à D est positif, si la densité de I est inférieure à D, il est négatif

$$d_I > D \Leftrightarrow Y_I/X_I > D \Leftrightarrow Y_I > D \times X_I \Leftrightarrow Y_I - (D \times X_I) > 0$$

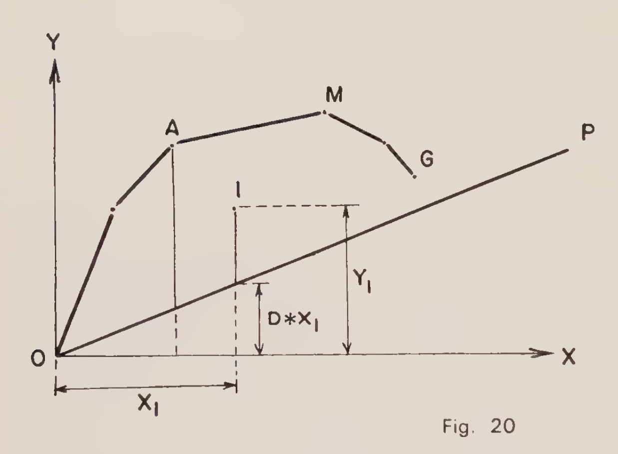


Fig. 20

Faisons pivoter OP autour du point O. Sauf lorsque OP se confond avec l'axe des Y, pour toute position de OP, le coefficient angulaire de OP définit une densité D, chaque point du domaine a un Y relatif par rapport à OP et il existe au moins un point A tel que son Y relatif par rapport à OP est supérieur ou égal à l'Y relatif de tous les autres points du domaine. Ce point A est sur l'enveloppe supérieure du domaine des sous-graphes libres de G (lemme 4) et il représente le sous-graphe libre dont le poids relatif à D est maximal.

Si le graphe G était plongé dans un liquide de densité D, le sous-graphe A serait le sous-graphe libre qui, malgré la poussée d'Archimède, descendrait au fond et le sous-graphe (G — A) serait le sous-graphe neutre qui, à cause de la poussée d'Archimède, remonterait à la surface. C'est pourquoi nous dirons que la dichotomie qui sépare A de G — A, est une dichotomie d'Archimède en fonction de D.

L'Y absolu d'un point peut être considéré comme son Y relatif à la droite OX. Le poids absolu d'un sous-graphe peut être considéré comme son poids relatif à une densité nulle. Tout algorithme qui, tel l'algorithme de Lerchs et Grossmann (1), définit le sous-graphe libre de poids maximal, peut tout aussi bien définir le sous-graphe libre dont le poids relatif à une densité donnée D est maximal. Il lui suffira pour celà de prendre en considération les poids relatifs au lieu des poids absolus. Il définira par là même la dichotomie d'Archimède en fonction de D entre un sous-graphe A et G—A.

Reste à définir une succession des densités D telle que le même point A ne soit pas défini deux fois et que tous les points de changement de pente de l'enveloppe soient définis. Quel que soit l'algorith adopté pour définir le sous-graphe libre dont le po relatif est maximal, le processus suivant réalisera deux conditions.

(1) Voir bibliographie en fin de texte

L'algorithme des dichotomies d'Archimède su cessives

Soit G, le graphe à traiter

1. G' = G
   Aller en 2.
2. D = densité de G'
   L'algorithme choisi définit A, le sous-graphe lib de G' dont le poids relatif à D est maximum.
   Si G'—A est vide, aller en 4.
   Sinon aller en 3.
3. Le sous-graphe G'—A est mis en réserve.
   G' = A
   Retourner en 2.
4. Le sous-graphe A est retiré de G et prend pla dans la séquence des sous-graphes libres densité maximum.
   S'il n'y a plus de sous-graphes en réserve, traitement est terminé.
   Sinon : G' = le dernier sous-graphe mis en serve.
   Retourner en 2.
   Si l'on s'est fixé une densité limite au-delà laquelle le reste du graphe ne présente plus d' térêt, on remplacera l'opération 1 par la suivant
1. L'algorithme choisi définit A, le sous-graphe lib de G dont le poids relatif à la densité limite maximum
   G' = A.
   Aller en 2.
   (voir exemple en Annexe 4).

Discussion de l'algorithme

Quand on entre pour la première fois dans l'opé tion 2, G' contient tout le graphe G. Il contient donc sous-graphe libre de densité maximum de G.

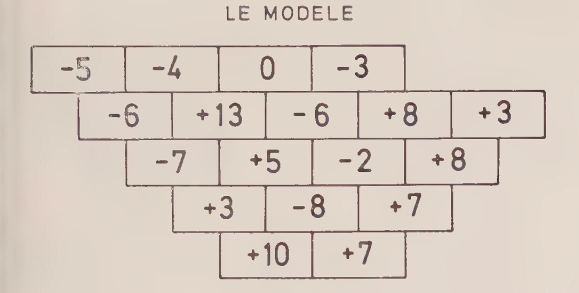
Le sous-graphe A, défini par l'opération 2, est sous-graphe de l'enveloppe supérieure. Il conti donc le sous-graphe libre de densité maximum de (théorème 7 et corollaire). Si bien que, lorsqu'on vient à l'opération 2, après être passé par l'opérati 3, le nouveau G' contient toujours le sous-grap libre de densité maximum de G.

Puisque D est la propre densité de G', si A conti tout G', le poids relatif de A est nul, le poids relatif à de tout sous-graphe libre de A est négatif ou nul, densité de tout sous-graphe libre de A est inférieu ou égale à D. A est le sous-graphe libre de dens maximum de G. Dans ce cas, G'A est vide et l' passe à l'opération 4.

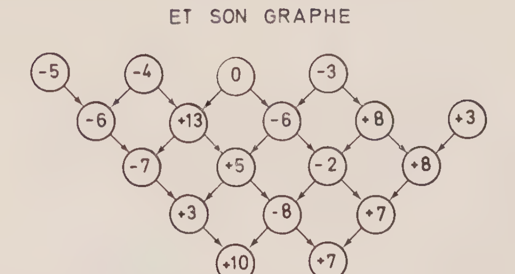
ANNEXE 1

EXEMPLE D'UN GISEMENT REPRÉSENTÉ SCHEMATIQUEMENT EN 2 DIMENSIONS

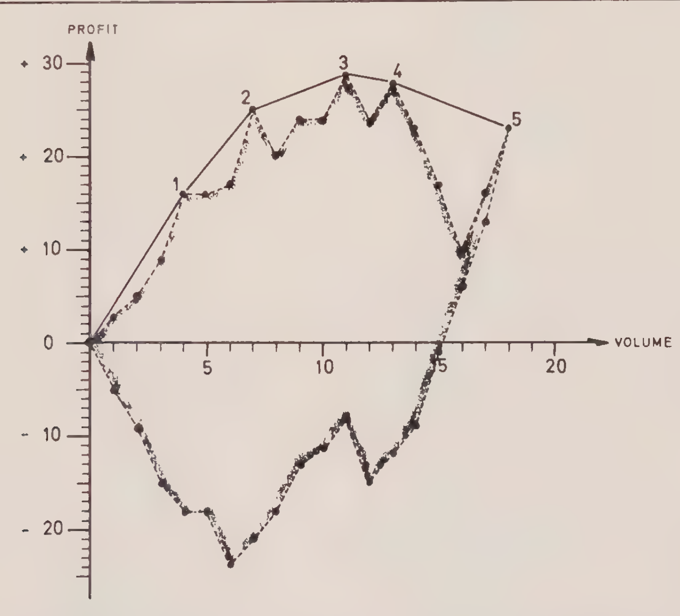
LE MODELE



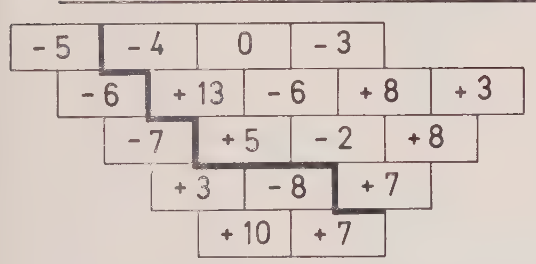
ET SON GRAPHE

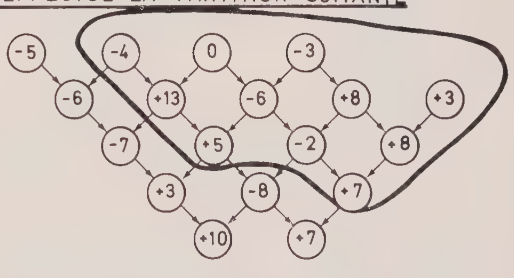


L'ENVELOPPE SUPERIEURE DU DOMAINE DES CARRIERES POSSIBLES

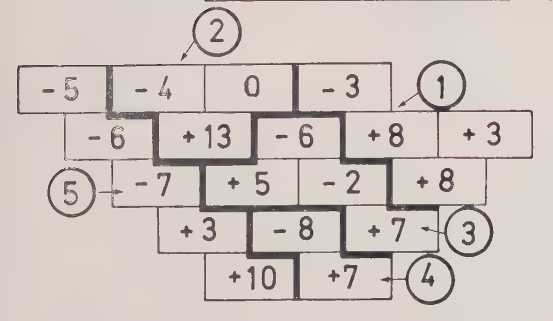


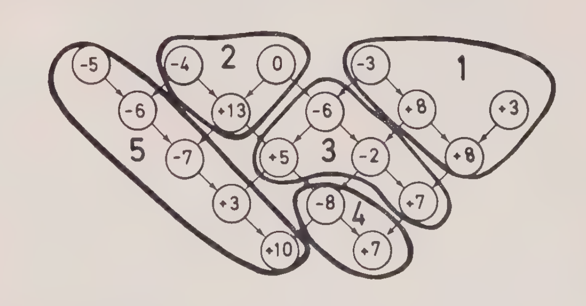
L'ALGORITHME DE LERCHS ET GROSSMANN EFFECTUE LA PARTITION SUIVANTE





CHACUN DES 3 NOUVEAUX ALGORITHMES EFFECTUE LA PARTITION SUIVANTE

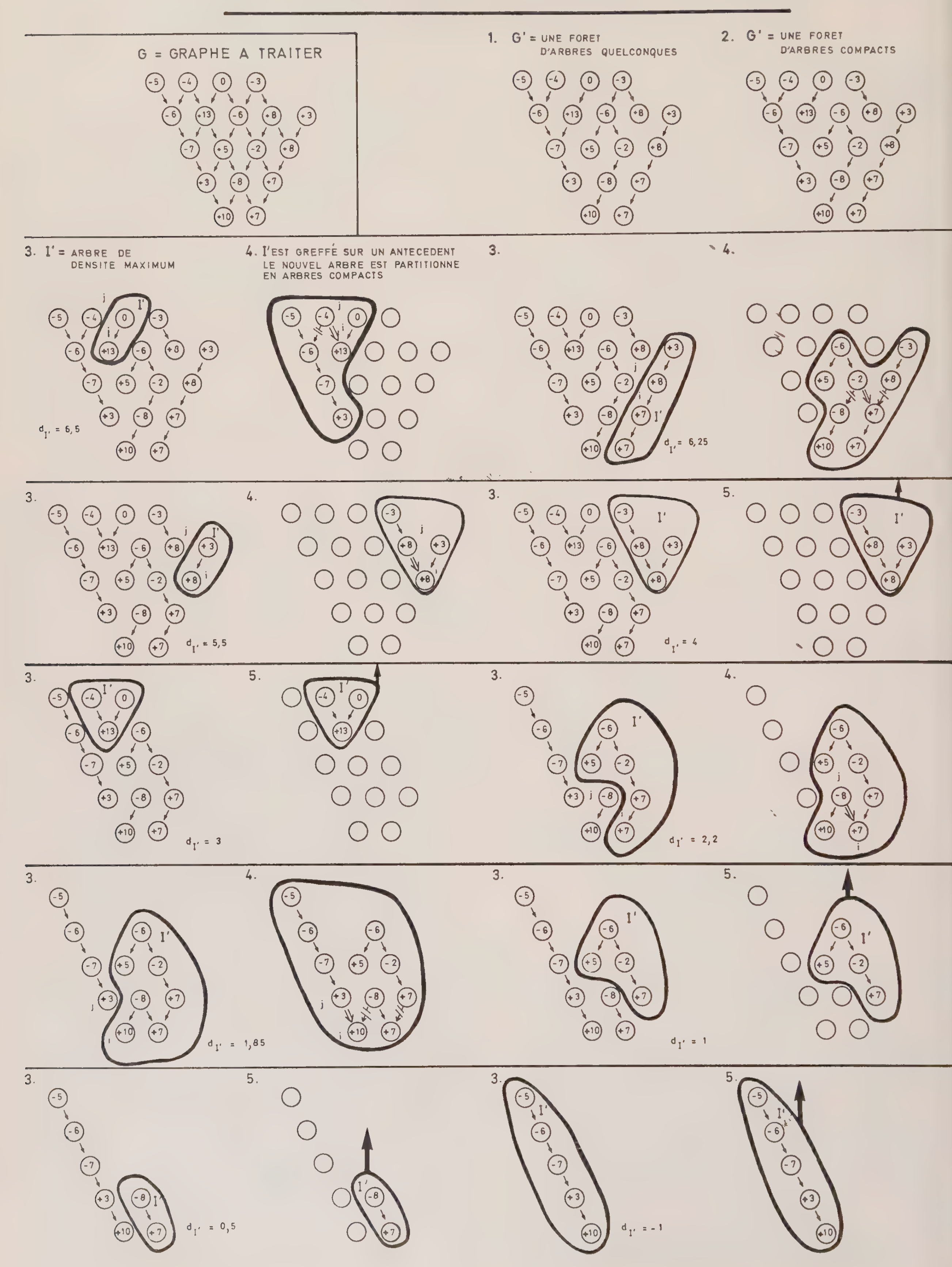




LE DETAIL DES OPERATIONS EFFECTUEES PAR CHACUN DES 3 NOUVEAUX ALGORITHMES FAIT L'OBJET DES ANNEXES 2, 3 et 4.

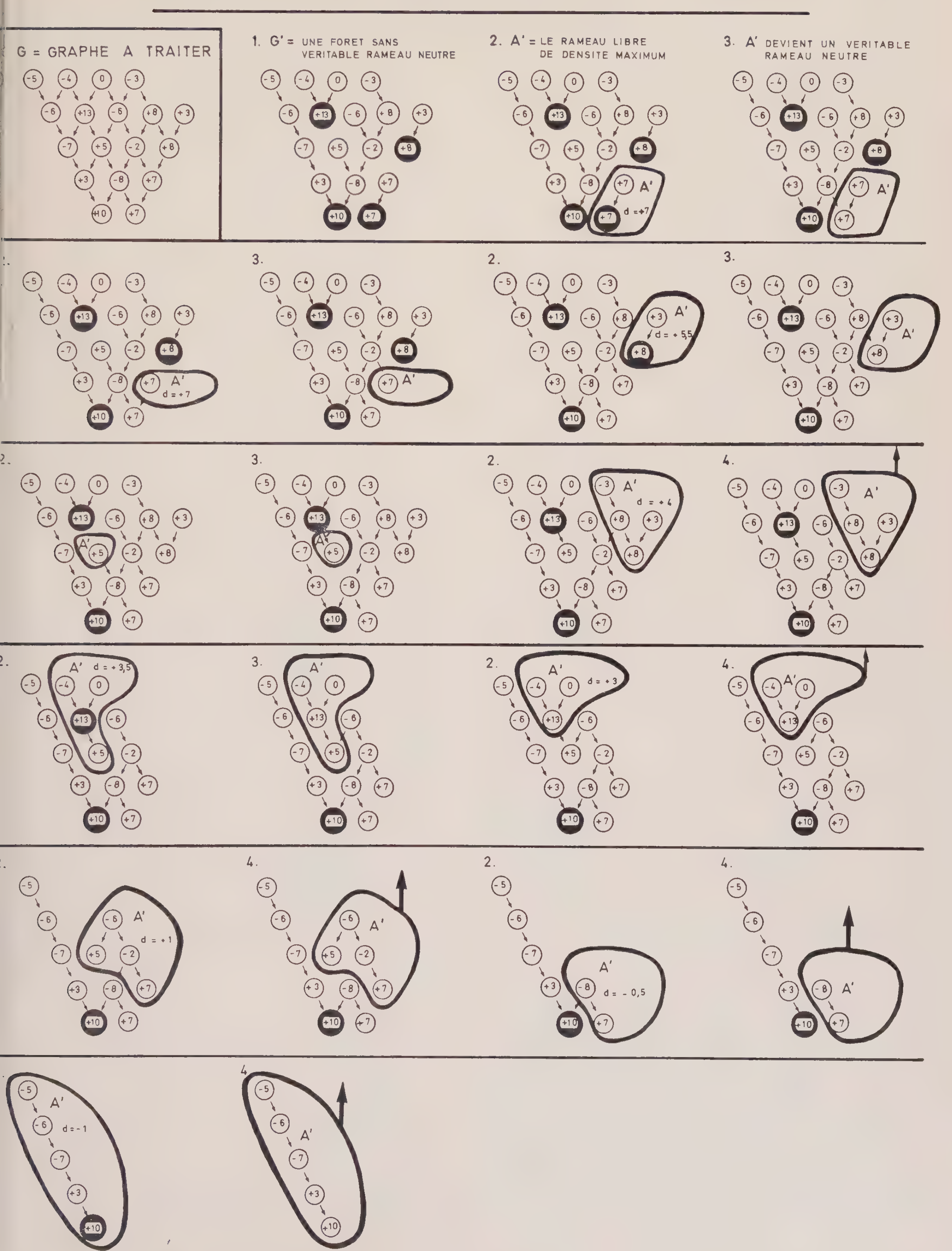
ANNEXE 2

TRAITEMENT DE L'EXEMPLE PAR L'ALGORITHME DES ARBRES COMPACTS



ANNEXE 3

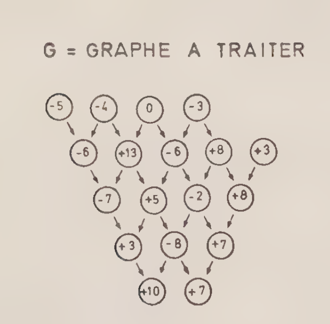
TRAITEMENT DE L'EXEMPLE PAR L'ALGORITHME DE LA FORET SOUS-COMPACTE



ANNEXE 4

TRAITEMENT DE L'EXEMPLE PAR L'ALGORITHME DES DICHOTOMIES D'ARCHIMEDE SUCCESSIVES

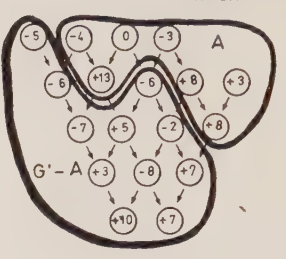
G = GRAPHE A TRAITER



1. G' = G

2. D = 1,277...

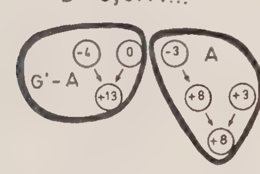
A = SOUS-GRAPHE LIBRE DE G' DONT LE POIDS RELATIF A D EST MAXIMUM



3. RESERVE 1 = G' - A

G' = A

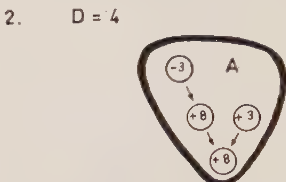
2. D = 3,5714...



3. RESERVE 2 = G'-A

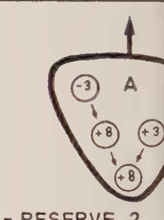
G' = A

2. D = 4



G'-A = Ø

4.



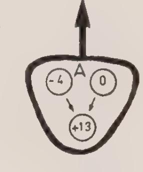


2. D = 3

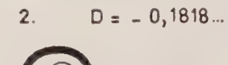


G'-A = Ø

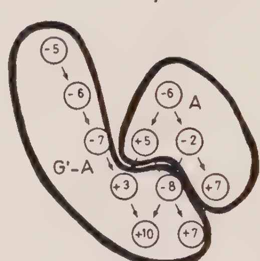
4.



G' = RESERVE 1



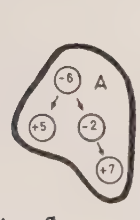
2.



3. RESERVE 1 = G'-A

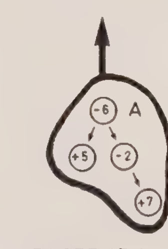
G' = A

2. D = 1



G'-A = Ø

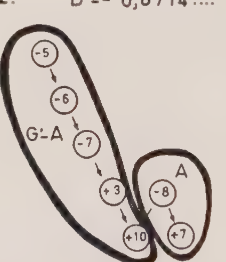
4.



G' = RESERVE 1

2.





3. RESERVE 1 = G'-A

G' = A

2. D = - 0,5



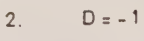
G'-A = Ø

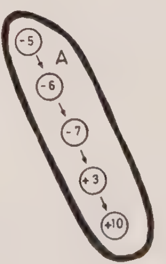
4.



G' = RESERVE 1

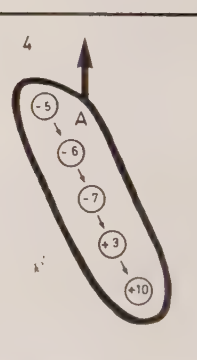
2.





G'-A = Ø

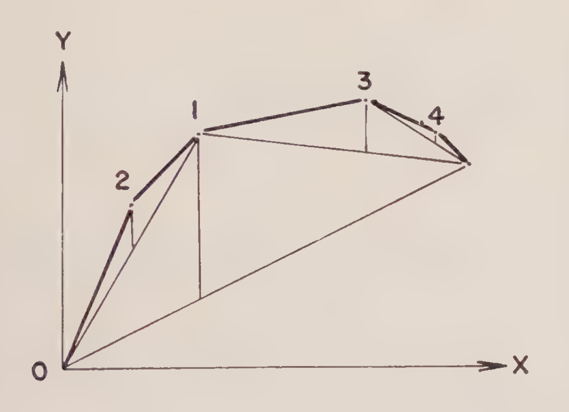
4



A est retiré du graphe G, et le sous-graphe libre de nsité maximum du reste de G est contenu dans le rnier sous-graphe mis en réserve.

La succession des dichotomies est représentée ns la figure 21 : à gauche en application de la emière version de l'algorithme, à droite dans le cas l'opération 1 effectue une première dichotomie lative à une densité limite nulle.

Si le graphe à traiter contient un nombre fini de sommets, le nombre de dichotomies successives sera un nombre fini. Si le nombre d'opérations demandées par l'algorithme qui effectue une dichotomie est un nombre fini, le nombre d'opérations demandées pour effectuer toutes les dichotomies sera un nombre fini. Ce sera le cas si l'on utilise, à l'opération 2, l'algorithme de Lerchs et Grossmann.



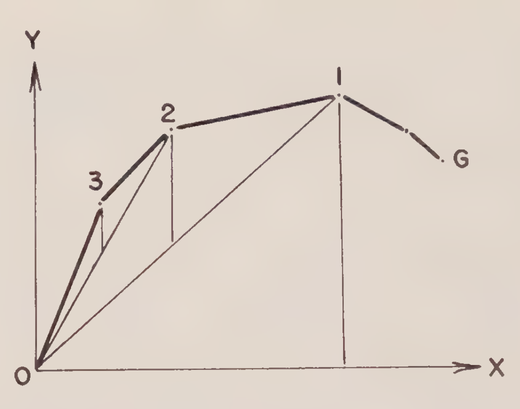


Fig. 21

CONCLUSION

En définissant la carrière de profit maximum, l'al- orithme de Lersch et Grossmann définit la carrière ui ne sera réalisée qu'en fin d'exploitation. C'est un bjectif à long terme, et les limites de cette carrière ourront être modifiées en fonction des changements ue subiront les données d'ici là.

En définissant la succession optimale des carrières artielles qui permet de réaliser cette carrière de profit aximum, les algorithmes qui viennent d'être exposés définissent en particulier la première carrière par- elle à réaliser. C'est là un objectif au sujet duquel ne décision immédiate doit être prise en fonction des eules données actuellement disponibles.

De plus, la courbe de profit que ces algorithmes éfinissent peut servir de données de base à l'étude 'un cash flow.

GLOSSAIRE

BIBLIOGRAPHIE

Claude BERGE — Théorie des Graphes et ses Applications. Dunod 1963, Paris

A. KAUFMAN — Méthodes et modèles de la recherche opérationnelle. Dunod 1968, Paris.

A. KAUFMAN — Des points et des flèches.. la théorie des graphes. Dunod 1968, Paris.

Donald E. KNUTH — The Art of Computer Programming. Vol. 1 Fundamental Algorithms. Addison - Wesley Publishing Company 1968 U.S.A.

Helmut LERSCHS et Ingo F. GROSSMANN — Optimum Design of Open Pit Mines. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin. January 1965, Montréal

Bibliographie

Annuaire 1976 de la Société de l'Industrie Minérale. *Organigrammes de l'industrie extractive française, 24 × 16 cm, 319 pages. Ed. : Société de l'Industrie Minérale, 19, rue du Grand-Moulin, 42029 Saint-Etienne Cedex, France. Prix : 70 FF.*

Cet annuaire publie :

1) un rappel sur les buts et les travaux de la Société, les statuts, le règlement intérieur, la liste des comités directeurs des districts et sections;

2) les objectifs, l'organisation et la liste des membres des sections Mines, Minéralurgie, Gedim (groupement d'édition et de documentation de l'industrie minérale), Cesmat (Centre d'études supérieures des matières premières);

3) les organigrammes de l'industrie extractive française :

Charbonnages de France et Houillères de Bassins, Lignites d'Arjuzanx, Commissariat à l'Energie Atomique, Industrie du pétrole;

Mines de Fer de France et IRSID;

Mines et métaux non ferreux (Péchiney Ugi Kuhlmann, Bauxites et Alumines de Provence, I ETAL, Anglade, Salsigne, Potasse d'Alsace, Salins Midi, Compagnie industrielle et minière);

Carrières et matériaux de construction (S.A.M. Platrières de France, Talcs de Luzenac, Ardoisièr d'Angers, Ardoisière de l'Anjou, Industrie Cime tière);

B.R.G.M., SOFREMINES, Administration des Min Ecoles des Mines et de Géologie, Eaux minérales Stations thermales;

4) un répertoire alphabétique et un répertoire ana tique des entreprises travaillant pour l'industrie tractive française;

5) la liste des membres de la Société de l'Indust Minérale.

***

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet,* à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet,* donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

B. ACCES AU GISEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. **B 23** Fiche n. **64.109**

H.W. TONSCHEIDT et H.J. GROSSEKEMPER. Zielgenaue Pilotbohrlöcher für Bohrblindschächte. *Trous pilotes sans déviation pour bures forés.* — **Glückauf,** 1975, 17 avril. p. 361/365. 5 fig. 1 tabl.

Importance de l'exactitude et de la rectitude du trou pilote foré comme avant-trou d'un bure creusé par foration. Cas du trou pilote foré en montant pour creusement du bure par élargissage en descendant et cas du trou pilote foré en descendant à l'aide d'une installation à table tournante du système Rotary. Ce dernier procédé permet d'apporter des corrections en utilisant des turboforeuses ou la machine Dyna-Drill. Un autre avantage de forage en descendant réside dans la force de poussée produite non par la foreuse, mais par le poids des tiges, évitant ainsi le flambage, cause de déviation. Les résultats sont excellents : à la mine Ibbenbüren, on a foré un trou pilote de 520 m avec une déviation qui n'était que de 1,33 m.

Biblio. : 18 réf.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **B 30** Fiche n. **63.931**

J. BIEAU et J. LUX. Le creusement des galeries dans les houillères françaises. — **Travaux Souterrains,** 1975, janvier-février, p. 2/13, 7 fig. 6 tabl.

Travaux au rocher : A. Engins et techniques de base : *Foration :* 3 types de porteur (rails, trackless et sous monorail), 3 types de marteaux (pneumatique de 28 kg et 40 kg et hydraulique). *Chargement :* rails à front et chargement direct en berlines (3 cas), chantiers trackless à front. *Tir :* avec cartouches de gros diamètre, 35 ou 40 mm. *Soutènement :* cadres Toussaint-Heintzmann, mécanisation de la pose des cadres, boulonnage, essai de béton projeté. B. Les équipements types proposés : 2 tableaux. *Galeries au charbon :* 1. L'abattage mécanisé se limite aux galeries en charbon où il n'y a pas de coupage d'épontes. Machines étudiées : mineurs continus, ravageur Alpine. Essais de machines de creusement avec coupage d'épontes : brise-roche hydraulique — machine à attaque ponctuelle. 2. Galeries au charbon avec foration et tir (abattage à l'explosif) : chantiers où l'on ne boulonne pas à front (2 solutions), chantiers à important coupage d'épontes, chantiers à boulonnage à front, conclusions. *Travaux annexes :* Difficultés de la mécanisation des travaux de faible

élongation (carrures, entrées en courbe, recoupes, etc...). Mécanisation des travaux complémentaires effectués hors de la zone du front — rabassenage, carnets, nettoyage des voies trackless, boulonnage complémentaire, transport du personnel et du matériel.

Biblio. : 1 réf.

IND. **B 30** Fiche n. **64.000**

J. BIEAU et J. LUX. La modernisation des creusements. — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1974, n° 7, p. 413/429, 10 fig., 5 tabl.

Orientations qui se sont affirmées ou qui ont dû être abandonnées depuis le colloque de 1973. *Travaux au rocher.* Engins et techniques de base : foration, chargement, soutènement. Equipements types proposés, permettant de bons résultats avec 3 hommes à front (tableaux des différentes solutions). *Traçages au charbon.* Solutions avec mécanisation de l'abattage, avec foration-tir. Engins mis en service (mineurs continus, shuttle-cars, ravageurs, jumbos etc...). *Travaux annexes,* notamment de faible élongation, rabassenage, etc... Conclusions envisageant favorablement l'avenir.

Discussion.

Résumé de la Revue.

IND. **B 31** Fiche n. **63.915**

J.F. BOUGARD. Tronçon central du métro régional. Construction mécanisée de tunnels reliant les stations « Châtelet - Les Halles » et « Gare de Lyon ». — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1975, mai-juin, p. 93/103, 18 fig.

Introduction. Avantages du « tunnelier » : rapidité, meilleur profil de la voie, pallient le manque de main-d'œuvre spécialisée. Désavantages : coût élevé de la machine, ne peut encore traverser n'importe quel terrain, manque de souplesse — en site urbain, le ciel de l'excavation doit être une couche résistante. *Etudes et essais préalables :* 110 sondages plus 2 puits pour préciser les caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques des terrains - calcaire grossier du Lutétien. Foration en vraie grandeur dans une galerie d'essai : 3 m de diamètre et 480 m de longueur. *Conception du projet.* Le choix s'est porté sur 2 tunnels à voie unique de 6,30 m de diamètre plutôt que sur un seul tunnel - épaisseur du calcaire et facteurs économiques. *Description de la machine* : Machine Robbins - pleine section à grippers - diamètre 7 m - plateau circulaire - 43 outils constitués par des molettes de 12'' de diamètre et 2 outils centraux à 3 disques. Structure de la machine. Système d'appui, de guidage et de propulsion. Dispositif de protection. *Tenue de l'excavation :* Mise en place du radier, du soutènement, du revêtement (bétonnage sur place derrière des coffrages télescopiques). *Marinage :* Par train roulant - 2 wagons de 30 t - voie unique - échange des pleins et des vides par élévateur hydraulique à 200 m du tunnelier - remontée en surface par portique à chaînes de 100 t - 4 trémies de stockage : 500 m³ - évacuation par camions. *Résultats de chantier :* L'organisation avait été conçue dans le sens de la séparation des tâches pour que les différentes opérations soient plus ou moins indépendantes. Moyenne des avancements journaliers (13,82 m), mensuels (331 m). Répercussions nulles en surface. Mesures préventives : injection de blocage et de consolidation très localement. *Conclusions.*

IND. **B 31** Fiche n. **64.129**

J. MAGUIN. Gesteinsstreckenvortrieb mit Schaufelfahrladern und Ankerausbau im Steinkohlenbergbau Lothringens. *Creusement de galeries au rocher avec chargeuse montée sur pneus et soutènement par boulonnage aux H.B.L.* — **Glückauf,** 1975, 19 juin, p. 561/567, 7 fig, 4 tabl.

Sur les 48 km de galeries au rocher, creusées dans les Charbonnages de France, 9900 m l'ont été dans les Houillères de Lorraine avec un rendement de 21,5 cm/Hp. Qualités à exiger d'un plan de tir ; l'utilisation des cartouches de 40 mm de diamètre a permis de diminuer le nombre de trous et des retards. La réduction du nombre de trous de mines à forer a conduit à d'importantes modifications dans les travaux de foration : 4 marteaux mi-lourds sur affût sont maintenant suffisants. Utilisation des chariots de foration de la firme Maco-Meudon ALF S21, E 612 et ALF 525, avec marteaux perforateurs : Montabert T 28, Maco Meudon PM 45 ou Montabert H 50 et H 60. Chargement des déblais à l'aide d'une Wagner ST-2B à déversement latéral. Caractéristiques de l'engin. Progrès réalisés par le boulonnage aux H.B.L. : en 1973, 52,8 % des galeries sont boulonnées.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **B 4113** Fiche n. **64.127**

H. NOCKE. Systemanalyse des Übergangs Streb-Strecke. *Etude du système de jonction taille-voie.* — **Glückauf,** 1975, 19 juin, p. 549/555, 7 fig.

Dans cette étude, on examine l'influence des divers paramètres tels que le pendage de la couche, sa puissance, la qualité des épontes, le mode d'exploitation, le mode de soutènement de la voie, le type de tête motrice de la taille et le genre de déver

ement. La méthode consistant à sortir la tête motrice e la taille dans la voie prévaut et il existe des types de éversement permettant de limiter la section nécesaire tout en permettant d'effectuer les travaux néessaires. Analyse et critique des différentes soluons. Lorsque les épontes sont mauvaises et que la oie tient mal, intérêt de laisser la tête motrice en ille, quitte à mécaniser le creusement de la niche. echerche d'optimisation de la section de la voie en onction de la convergence prévue. Cas intéressant de mise à section définitive de la voie derrière la taille. roposition de mécanisation de ces travaux. Inuence sur la configuration de la jonction taille-voie es autres travaux à effectuer en bordure de taille.
Résumé Cerchar Paris.

ND. **B 44** Fiche n. **63.992**

ÁVOUX, ROUSSEL et Coll. Evolution des éthodes d'exploitation dans les mines du Commisariat à l'énergie atomique. — **Annales des Mines France),** 1975, mai, p. 63/74, 10 fig., 3 tabl.

Le Commissariat à l'énergie atomique produit anuellement 500.000 t de minerai dans ses 3 diviions minières. Les gisements sont filoniens de ormes complexes et irrégulières. Jusqu'en 1972, 0 % de la production venaient de chantiers exloités par tranches montantes à remblayage ydraulique avec un boisage souvent important et ès peu de mécanisation. La mécanisation a pu être éveloppée en supprimant le boisage, ce qui a été endu possible : dans les divisions de la Croizille et du orez, par la méthode de tranches descendantes sous alle de béton armé ou sous remblai hydraulique ciienté — dans la division de Vendée, en conservant s tranches montantes mais en remplaçant le boisage ar le boulonnage. Ces méthodes sont décrites en ettant l'accent sur les améliorations du rendement t des conditions de travail qu'elles ont permises.
Résumé de la Revue.

ND. **B 46** Fiche n. **63.918**

STAUFFER. Utilisation de l'espace souterrain ans l'agglomération de Kansas City. — **Tunnels et uvrages Souterrains,** 1975, mai-juin, p. 13/117, 5 fig.

Introduction : utilisation du sous-sol en tant que mension supplémentaire de la ville. *Description du ous-sol rocheux :* calcaire pennsylvanien de 6 à 7 m épaisseur surmonté de schiste et d'argile imerméable — valeur commerciale du calcaire. *Phyographie :* l'accessibilité naturelle des falaises deuis les vallées a été un facteur important dans emploi secondaire de l'espace. *Modification des méthodes minières pour l'utilisation du sous-sol :* au début, récupération de la roche calcaire uniquement — pour l'utilisation des espaces ainsi créés, changement dans les techniques de tir pour contrôler les hors profils et changement dans la répartition des piliers. *Utilisation secondaire :* stockage, usines et bureaux. *Conclusions :* économie de location (1/3 du prix de surface) — élimination des problèmes de toit et fondations — les parquets supportent des poids élevés — contrôle complet des bruits et vibrations — les surfaces sont à l'épreuve du feu — frais réduits de chauffage, conditionnement d'air — meilleure sécurité — un institut de recherche étudie les développements futurs.

IND. **B 512** Fiche n. **63.910**

H.C.G. RODGERS et H.R. BUNTING. How the SEC mines brown coal in Australia. *Comment la SEC exploite le lignite en Australie.* — **World Coal,** 1975, octobre, p. 17/21, 3 fig., 1 tabl.

The State Electricity Commission (S.E.C.) exploite, dans la vallée Latrobe (150 km à l'Est de Melbourne), un des plus grands gisements mondiaux de lignite pour la production d'électricité et de combustibles solides (briquettes). Réserves estimées à 11,6 milliards de t. Puissance des couches : 200 m. Couverture à l'endroit le plus favorable : moins de 15 m. La SEC exploite 2 mines : Morwell (15 millions de t/an) et Yallourn (10 millions de t/an). Le charbon et la couverture sont enlevés par de grands excavateurs électriques sur chenilles, dont les godets à grandes dents sont montés, soit sur roue, soit sur une chaîne sans fin. Un tableau donne les caractéristiques de différents types (n° 9, 10 et 11) d'excavateurs. Hauteur maximum au-dessus du niveau de travail : 25 m pour le n° 11 et 8 m sous le niveau de travail pour le n° 9. Capacité horaire de 800 à 1750 t. L'évacuation du charbon se fait, soit par rails, soit par convoyeurs à courroies. Production 1972/1973 : 22,9 millions de t et 25,1 millions de t en 1973/1974. Renseignements sur la répartition de la production. Briquettes. Perspectives.

IND. **B 512** Fiche n. **63.968**

X. Giant tractor shovels mines Kentucky coal. *Des chargeuses à benne frontale géantes pour l'exploitation du charbon du Kentucky.* — **World Coal,** 1975, novembre, p. 58/60, 3 fig.

Court article sur l'emploi de chargeuses géantes, 24 cubic-yard (18,4 m^3), Clark Michigan pour l'enlèvement de la couverture — 20.000 t enlevées journellement — mettant à découvert 2 couches de charbon, la 1e de 1,525 m se trouve à 18,3 m de

profondeur et la 2e, située 12,2 m plus bas, a une ouverture de 2,03 m à 2,28 m. Deux turbo-moteurs Diesel Cummins de 635 cv délivrent leur puissance aux 2 convertisseurs de couple qui sont jumelés. Transmission : 4 vitesses avant et arrière. Les roues motrices ont des engrenages planétaires réducteurs. Freins à disques hydrauliques sur les 4 roues motrices. Pneus Michelin de 3,4 m de diamètre. Temps de chargement de la pelle : 9 s et temps de déversement : un peu moins de 4,5 s.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. **C 234** Fiche n. **63.976**

R. RION et G. DUPONT. Le détonateur électrique. — **Explosifs,** 1974, avril-septembre, p. 46/55, 8 fig. — Le détonateur électrique - le dispositif électrique. — **Explosifs,** 1974, octobre-1975, mars, p. 96/102, 3 fig., 1 tabl.

I. Historique du détonateur électrique. Propriétés spécifiques des détonateurs électriques. *Sensibilité :* elle est déterminée par son impulsion d'allumage exprimée en milliwatt s/ohm ; la sensibilité est d'autant plus grande que l'intensité du courant est faible. *Détonateur retardé :* long et court retards. *Puissance d'amorçage :* les détonateurs sont définis actuellement suivant leur « force », valeur arbitraire ancienne. Assemblage d'un détonateur électrique. Conclusions : le détonateur électrique est un engin de fabrication délicate dont les unités en vigueur dans son élaboration sont le micron, le milligramme, la milliseconde et le milliampère seconde/ohm. — II. Il existe 6 systèmes de mise à feu : amorces à fil résistant, à composition conductrice, à couche conductrice, à claquage, à fil explosé et à induction. Après une courte description de chacun de ces modèles, les auteurs présentent la théorie de la mise à feu par effet Joule, montrant l'influence de divers paramètres sur l'énergie nécessaire de mise à feu. Un tableau donne les principales caractéristiques de chaque type d'amorce : résistance électrique, sécurité aux décharges électrostatiques de 100 pF, énergie, tenue au vieillissement et temps de fonctionnement.

IND. **C 241** Fiche n. **64.116**

H. LEWER. Staubbekämpfung durch Staubbindung mit $CaCl_2$-Pulver bei Sprengarbeit im Bergbau. *Fixation des poussières par du $CaCl_2$ en poudre lors du minage au fond.* — **Glückauf,** 1975, 1er mai, p. 425/427, 1 fig.

Après un rappel des moyens utilisés précédemment pour lutter contre les poussières provoquées par le tir des mines : brouillard, bourrage à l'eau et avec des solutions de $MgCl_2$, on expose la façon de procéder aux essais de ces types de bourrage pour des mesures d'empoussiérage effectuées après le tir. La fixation des poussières cesse vite du fait de la vaporisation rapide de l'eau projetée en fines gouttelettes. Par contre, les essais avec un bourrage à la poudre de $CaCl_2$ ont donné de bons résultats du point de vue de l'abattement des poussières du fait du grand nombre de gouttelettes qui se forment et de la meilleure adhérence aux poussières.

Biblio. : 11 réf.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **C 4214** Fiche n. **64.12**

R. SANDER et F. EICHBAUM. Integration des Strebbetriebs bei schneidend-brechender Gewinnung. *Intégration de l'exploitation de taille avec abattage par découpe et éclatement du charbon.* — **Glückauf,** 1975, 5 juin, p. 505/509, 6 fig.

Après un rappel des résultats obtenus en matière d'amélioration de rendements depuis 10 ans grâce à l'abattage par havage et à l'abattage par rabotage, le problème de la mécanisation intégrale en couches puissantes se pose. Description d'une nouvelle machine découpant la couche suivant un front incliné et réalisant également l'éclatement du charbon. Avantages marqués du point de vue dégagement de poussières et granulométrie, et aussi du fait de la mise à nu progressive du toit qu'un soutènement approprié permet de retenir dès qu'il est découvert.

Biblio. : 13 réf.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **C 44** Fiche n. **63.9**

M. O'REILLY. Les essais de creusement par machine, du Chinnor. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1975, mai-juin, p. 107/112, 7 fig.

Historique. Introduction : Les essais de tunnelling de Chinnor ont pour but de procurer des données numériques sur la coupe de la roche en vraie grandeur, d'examiner les relations entre ces résultats et les expériences de découpage à l'outil isolé ou avec des outils multiples, en laboratoire et à échelle réduite, et de l'équipement de tunnelling. *Programme des essais :* Conception et construction d'une nouvelle machine bouclier de 5 m de diamètre avec tête de coupe, soit avec pics, soit avec disques. Description de la machine. *Principaux paramètres mesurés :* Forces agissant sur l'outil — vitesse de rotation de la tête — régime d'avancement et alignement de la tê

— pression hydraulique aux moteurs de la tête de coupe — poussée de la machine — consommation d'énergie électrique de la tête de coupe — pression de l'huile fournie à l'anneau de réaction. *Etudes géotechniques :* Mesures de déformation du terrain — caractérisation du front du tunnel — efficacité des boulons à roche dans la craie — efficacité d'un certain nombre de types de béton projeté. *Système de télémétrie pour la transmission des données. Planning 1973-1975.*

IND. **C 44** Fiche n. **64.115**

P. YOUNG et G.H. GAILER. Entwicklung von Teilschnitt-Vortriebsmaschinen zur Gewinnung mittelharter Eisenerze. *Machines de creusement à attaque ponctuelle pour l'abattage de minerais de fer moyennement durs.* — **Glückauf,** 1975, 1er mai, p. 419/424, 5 fig.

Compte rendu des travaux effectués dans le cadre d'un projet de recherches sur « l'abattage par découpage des minerais de fer moyennement durs », financé par la CECA. Description des essais effectués avec une machine ART 200, une WAV 170 et une AM 50 et analyse des résultats obtenus après découpage de 60.000 t de minerai, parmi lesquels on peut citer : l'assurance d'obtenir des rendements supérieurs à 100 t/h et des productions par poste de 600 t dans des minerais d'une résistance à l'écrasement de 1.000 kp/cm² ; avec l'Alpine Miner AM 50 l'usure des taillants a été inférieure à 1 DM/t. Nécessité de prévoir une installation de chargement et de transport intégrée.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **C 44** Fiche n. **64.125**

P. YOUNG et G.H. GAILER. Entwicklung eines Verfahrens zur schneidenden Gewinnung mittelharter Eisenerze. *Mise au point d'une méthode d'abattage par découpage d'un minerai de fer de moyenne dureté.* — **Glückauf,** 1975, 5 juin, p. 513/521, 17 fig., 2 tabl.

Trois machines de creusement à attaque partielle ont été mises à l'essai de 1972 à 1973 à la mine de Bülten-Adenstedt pour l'abattage d'un minerai de fer d'une dureté variant de 500 à 1000 kp/cm² : une WAV 170, une ART 200 et une Alpine Miner AM 50. Description détaillée des essais et comparaison des résultats obtenus avec l'AM 50 et la WAV 170. L'introduction de la méthode d'abattage par découpage a permis de réduire le personnel occupé de 20 % et on compte porter le rendement actuel de 25-30 t/Hp à 35 t/Hp et plus. Il n'est pas encore possible de comparer les prix de revient obtenus avec l'AM 50 et la WAV 170.

Résumé Cerchar Paris.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS — SOUTENEMENT

IND. **D 123** Fiche n. **63.981**

C. BORDET et G. COMES. Etude prévisionnelle de la forabilité des roches au tunnelier. Exemple de la galerie principale de l'aménagement d'Arc - Isère. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1975, janvier-février, p. 11/16, 5 fig., 2 tabl.

Eléments et structures du bâti hercynien. Effet de l'orogenèse alpine. Description sommaire de la coupe géologique de la galerie principale. Problèmes techniques spéciaux liés à la géologie du massif (décompression, chaleur, venues d'eau, sources minérales d'Allevard). Etude géotechnique (prélèvements des échantillons, définition pétrographique, organisation de l'étude, influence des contraintes sur la forabilité, résultats).

IND. **D 2223** Fiche n. **64.120**

O. JACOBI et G. EVERLING. Druck und Konvergenz bei vorgesetzten und bei nachgeführten Abbaustrecken. *Pression et convergence dans les voies de tailles.* — **Glückauf,** 1975, 15 mai, p. 472/477, 10 fig., 4 tabl.

Considérations nouvelles sur la convergence dans les voies de taille ; ces études visent à déterminer l'influence de la façon de conduire la voie, soit en avance sur le front de taille, soit décalée en arrière de ce front, soit sur la même ligne, sur l'augmentation de la pression. Il est possible de définir l'importance de la convergence quand, au préalable, la convergence de référence a été déterminée par des mesures de convergence et de pression effectuées dans d'autres voies dans la même couche. Evolution de la pression de part et d'autre d'une première relevée ; influence de la géométrie de l'exploitation ; évolution de la pression devant une 2e taille. Influence des terrains.

Biblio. : 5 réf.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **D 34** Fiche n. **63.961**

V.M. MALHOTRA. Evaluation of the pull-out test to determine strength of in situ concrete. *Evaluation de l'essai d'adhérence par traction afin de déterminer la résistance du béton en place.* — **Matériaux et Constructions,** 1975, janvier-février, p. 19/31, 14 fig., 10 tabl.

Il existe un certain pourcentage de corrélation entre la résistance à la compression d'éprouvettes cylindriques de béton de 15 × 30 cm, conservées dans des conditions normalisées, et la force d'adhérence en traction du béton conservé dans les conditions du chantier. Le rapport force d'adhérence en traction/résistance à la compression est en relation directe avec la résistance à la compression du béton. A 3 jours, ce rapport varie de 18 % pour un béton à 32,9 MN/m^2 à 46 % pour 7,9 MN/m^2. Cependant, pour un degré de résistance donné, ce rapport varie fort peu avec l'âge. Pour la même gâchée, la force d'adhérence en traction augmente avec l'âge, ce qui dénote l'intérêt éventuel de ces essais pour des études comparatives. L'écart-type et le coefficient de variation de la résistance à 28 jours, d'après les résultats d'essai d'adhérence par traction, varient de 0,10 à 0,31 MN/m^2 et de 2,3 à 5 % respectivement. Les valeurs correspondantes données par la résistance à la compression sont de 0,03 à 0,82 MN/m^2 et de 0,2 à 3 % respectivement, excepté pour une gâchée à laquelle correspondent les valeurs : 4,7 MN/m^2 et 11,4 %.

Biblio. : 4 réf.

IND. **D 47** Fiche n. **64.122**

F. HENRICH. « Vortragstagung Schildausbau » der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum. *Journée d'information sur le soutènement bouclier.* — **Glückauf,** 1975, 15 mai, p. 482/485, 3 fig.

Compte rendu de la réunion d'information qui s'est tenue le 20 mars 1975 à Bochum, au cours de laquelle différents conférenciers ont traité des problèmes intéressant le soutènement bouclier, en particulier l'importance à maintenir l'extrémité des chapeaux à une distance constante du front de taille, de l'emploi du soutènement bouclier en veines minces et en veines fortement inclinées, du soutènement bouclier avec ou sans châssis de déplacement du transporteur en taille, du soutènement marchant avec poutres de ripage et étançons placés sur le mur agissant sur le bouclier qui fonctionne comme un levier. Analyse du fonctionnement du soutènement bouclier ordinaire et du soutènement « bouclier pile ».

Résumé Cerchar Paris.

IND. **D 47** Fiche n. **64.137**

F.J. BONEKAMP et W. LAMBECK. Der wirtschaftliche Nutzen von Schreitausbau. *L'intérêt économique du soutènement marchant.* — **Glückauf,** 1975, 17 juillet, p. 661/665, 9 fig., 2 tabl.

Une enquête effectuée sur plusieurs mines allemandes a permis de juger de l'intérêt économique du soutènement marchant comparé aux autres tailles à étançons. Les résultats concernant 44 tailles ont établi que le temps de travail du matériel des tailles à soutènement marchant dépassait de 81 min/jour celui des autres tailles, que le nombre de m^2 déhouillés était supérieur de 77 m^2/jour et que, pour ces mêmes tailles à soutènement marchant, le prix de revient du m^2 déhouillé était inférieur d'environ 5,60 DM. Le seuil de rentabilité se situe pour une surface déhouillée journalière de 340 m^2.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **D 59** Fiche n. **64.124**

P. WEUTHEN et G. SCHNITTERS. Die Beeinflussung des Grubenklimas durch Abbaustreckenbegleitdämme aus Blitzdämmer. *Influence des épis d'accompagnement de voie en « Blitzdämmer » sur les conditions climatiques au fond.* — **Glückauf,** 1975, 5 juin, p. 510/513, 5 fig., 3 réf.

Des mesures de température effectuées dans l'épi et à sa surface ont permis d'établir le rôle joué par ce genre d'épis sur les conditions climatiques au fond. La quantité de chaleur moyenne dégagée en tant que chaleur d'hydratation est de 72.000 kcal/h, dont seulement un tiers est transmis au courant d'air. Dans une voie de 410 m, l'élévation de température est de 2,6° (23,6 à 26,2°C). La quantité de chaleur dégagée est relativement faible par rapport à celle dégagée en taille qui est de 450.000 kcal/heure. Ainsi donc, l'influence nuisible de ces épis sur le climat de la mine reste faible, comparée aux avantages présentés par l'amélioration de l'aérage, en particulier en isolant le courant d'air des vieux travaux et évitant ainsi son réchauffement.

Résumé Cerchar Paris.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. **E 1311** Fiche n. **64.110**

J. RUFT. Das Verbessern der Grubensicherheit durch Verringern der Endzündlichkeit und Brennbarkeit von Fördergurten. *Amélioration de la sécurité au fond par réduction de l'inflammabilité des bandes transporteuses.* — **Glückauf,** 1975, 17 avril, p. 365/367, 3 tabl.

Après un passage en revue des différentes matières premières entrant dans la composition des produits pour la fabrication d'une bande de convoyeur, on examine les procédés belge et américain permettant de déterminer l'influence de ces matières premières sur la résistance à une flamme. Les mélanges de pro-

luits tels que définis par les normes donnent le moyen de fabriquer, dans de bonnes conditions de ésistance au feu, des bandes à ossature textile ou nétallique. Possibilités offertes par la technique acuelle.
Biblio. : 3 réf.
Résumé Cerchar Paris.

IND. **E 26** Fiche n. **64.054**
A. BALLIOT. Les engins sur pneus. — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1975, nº 4, p. 169/197, 29 fig., 2 tabl.

Essor des engins sur pneus dans les charbonnages rançais (chargeurs transporteurs de charbon ou déblais, jumbos, boulonneuses, transporteurs de matériel, etc...). Exposé technique sur les engins et leur utilisation, photos, croquis, description des engins et le leur utilisation dans les différents bassins. Questions fondamentales posées par l'évolution actuelle avantages et rentabilité des engins sur pneus ; les problèmes de sécurité ; les conditions de gisement : pendage et pressions de terrain ; transformation des structures anciennes du fond).

IND. **E 53** Fiche n. **63.997**
P. AURIOL. Les transmissions phoniques dans les houillères françaises. — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1974, nº 7, p. 334/352, 17 fiches.

Rapport résumant l'évolution des transmissions phoniques depuis l'emploi du généphone en taille abot jusqu'au « deuxième prototype » conjuguant le ystème du câble porteur INIEX-Delogne avec la possibilité de 2 liaisons directes (*a* : Phonilec en aille/communication en voie de base XY-phone ou haut-parleur ; *b* : Phonilec en taille/XY-phone en voie le tête), actuellement en cours d'essai. On termine ur l'état actuel du parc phonique et un aperçu de son volution future. (Fiches 1 et 15).
Résumé de la Revue.

F. AERAGE — ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

IND. **F 20** Fiche n. **63.999**
A. COQUIDE. La lutte contre le grisou. — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1974, nº 7, p. 359/412, 23 tabl.

Rappel des étapes essentielles retenues dans la lutte contre le grisou (documents parus en 1973 — matériel de grisoumétrie, d'anémométrie et de contrôle de grisou utilisé en France. Recherche de suppression des causes d'inflammation. Besoins et organisation de la lutte contre le grisou). Bilan des actions menées en 1973-1974 ; commission grisou et travaux en cours ; documents pratiques diffusés ; application de la méthode d'Aix ; établissement des « checklists » par la Commission grisou des H.B.N.P.C. ; recherche d'une méthode globale « lutte contre le grisou ». *Conclusions* : organisation des travaux des « groupes » spécialisés ; résultats obtenus ; efficacité des colloques. Discussion.
Résumé de la Revue.

IND. **F 2322** Fiche n. **63.930**
H.C. WATSON, E.E. MILKINS et Coll. Rendement et pollution des moteurs à allumage commandé consommant de l'hydrogène ou du méthane. — **Sciences et Techniques,** 1975, octobre, p. 25/32, 10 fig., 6 tabl.

Cet article décrit l'emploi de l'hydrogène et du méthane comme carburant pour un moteur classique à allumage commandé. L'objet principal de la recherche a été d'établir les conditions du fonctionnement optimal en vue d'obtenir un minimum d'émissions ainsi qu'un maximum de rendement et de puissance dans le domaine des vitesses habituelles des moteurs d'automobile. Dans cette étude, un moteur rapide C.F.R. a été spécialement adapté en vue de l'emploi de combustibles gazeux. On a pris les précautions nécessaires en vue de réduire les dangers d'explosion. L'emploi de l'hydrogène a nécessité des soupapes d'un type spécial ; cette soupape commandait l'injection de l'hydrogène dans l'orifice d'admission afin d'éviter le phénomène d'allumage par les gaz résiduels qui se manifeste quand les températures d'échappement sont élevées. Les résultats, dont il est fait état, indiquent que la proportion d'oxyde d'azote est plus élevée avec l'hydrogène et le méthane qu'avec l'essence lorsque l'on s'en tient à la même proportion air-carburant. En augmentant la proportion air-carburant, les émissions d'oxyde d'azote peuvent être diminuées, et la perte de puissance est compensée par une augmentation du taux de compression. Le choix des conditions de fonctionnement pour les moteurs alimentés en hydrogène ou méthane sera déterminé par un compromis entre les conditions d'émissions, d'économie et de puissance spécifique. Les courbes présentées ici aideront le projecteur à choisir les paramètres tels que : taux de compression — point d'allumage — proportion air-carburant.
Biblio. : 21 réf.
Résumé de la Revue.

IND. **F 61** Fiche n. **63.952**

F. BIBERT, S. LONGEAUX et Coll. Visites dans les houillères du Dauphiné et de Provence. — **Mines de Fer de France. Bulletin Technique,** 1975, 2e trimestre, p. 57/64, 5 fig.

Visite de la Commission de Sécurité (Mines de fer) aux Houillères du Dauphiné (mine de La Mure exploitant une couche de 10 m d'épaisseur) où elle s'est intéressée à l'équilibrage de l'aérage (feux, inflammation spontanée du charbon dans les vieux travaux), à la prévention des incendies de convoyeurs et aux dégagements instantanés de CO_2. Visite de la Commission de Prévention aux Houillères de Provence où elle a visité une taille à rabot et soutènement marchant et où elle a discuté les problèmes de doctrine de prévention et de protection contre les engins Diesel.

IND **F 621** Fiche n. **64.119**

G. KUGLER et A. SCHEWE. Bekämpfung eines Grubenbrandes auf der Zeche Osterfeld durch Einleiten von Stickstoff. *Lutte contre les feux de mine par introduction d'azote à la mine d'Osterfeld.* — **Glückauf,** 1975, 15 mai, p. 467/472, 10 fig.

Compte rendu des opérations de lutte contre un feu de mines en couche Gustave à la mine d'Osterfeld où on a fait appel, sur proposition de la station de sauvetage du StBv, à de l'azote comme gaz inerte. On a déversé 154.000 m³ de ce gaz. Les résultats des analyses ont montré que le feu de remblai avait été très vite éteint. Description des conditions de lutte ; travaux de pose de tuyauterie nécessaires ; détails sur l'installation fournissant le gaz et les opérations de lutte. Le procédé est particulièrement conseillé lorsqu'il existe un danger d'explosion.

Biblio. 3 réf.

Résumé Cerchar Paris.

G. EPUISEMENT

IND **G 11** Fiche n. **64.133**

W. KUTZ, R. SCHMIDT et Coll. Wasserabschlussdamm aus Fertigbeton in einer Flözstrecke auf der Zeche Sophia-Jacoba. *Barrage de retenue des eaux en béton préfabriqué, dans une voie en couche à la mine Sophia-Jacoba.* **Glückauf,** 1975, 3 juillet, p. 613/618, 8 fig., 4 tabl.

A la suite d'un sondage de reconnaissance vers les morts-terrains, une venue d'eau de 6 m³/min a fait irruption dans une voie en couche sans qu'on puisse arrêter la venue. Exposé des conditions géologiques et hydrogéologiques rencontrées, des travaux entrepris pour la construction d'un barrage de retenue des eaux, et pour la consolidation des terrains. Les frais totaux se sont élevés à 1,154 milliard de DM qu'il faut comparer à 1,2 milliard de DM environ qu'il aurait fallu dépenser pour le pompage des eaux chaque année.

Résumé Cerchar Paris.

H. ENERGIE

IND. **H 533** Fiche n. **64.097**

R. ADAM et A. BALLIOT. Automatisation et contrôle des chantiers d'abattage et de leur desserte. — **Industrie Minérale. Mines,** 1975, n° 4, p. 429/440, 14 fig.

Automatisation aux Houillères de Provence. En taille, à rabot avec blindé large, l'avancement du front et l'avance du rabot sont contrôlés. Les indications relevées sur la position du rabot, l'effort de traction du rabot, l'avance du convoyeur arrivent à un tableau en extrémité de taille. Il a été prévu des commandes pour contrôle manuel et une logique pour la marche en automatique sélectionnant les pressions de poussée. Pour le soutènement, exécuté par des piles « Marrel-Hydro-Somemi », l'automatisation est basée sur le principe d'une commande séquentielle hydraulique. Ces équipements ont permis des pointes d'avancement journalier de 19 m et un rendement moyen mensuel de 87 t/Hp. Des modifications ont été apportées par suite de difficultés d'entretien, notamment dans la régulation de la poussée du rabot en fonction de l'alignement de la taille. Pour *la desserte,* un grand effort a été accompli pour l'automatisation et le télécontrôle des installations, car la production de la taille en est tributaire. Les informations sur la marche des convoyeurs sont transmises au jour par télévigile ; le circuit des couloirs roulants est automatisé. Ces couloirs sont commandés à partir d'une salle en tête du circuit. L'automatisation s'applique principalement à la régulation de la vitesse des rames et au maintien de l'intervalle entre rames. Les préposés au télévigile peuvent répondre aux informations reçues en transmettant des consignes immédiatement aux patrouilleurs et électromécaniciens du fond, grâce à des émetteurs-récepteurs X-Y phones et à une ligne téléphonique le long du circuit des couloirs roulants. *Conditions de travail.* Les objectifs de l'automatisation sont l'augmentation de la sécurité et de la productivité ainsi que la réduction du coût de production. En Provence, on recherche surtout la marche optimale pour la taille, avant le gain de personnel. Pour les convoyeurs, ce gain est considérable, l'économie se faisant surtout sur les emplois sans qualification. L'augmentation de la technicité rend plus étroite la collaboration des divers niveaux de la hiérarchie et accroît l'intérêt du travail pour le mineur.

utomatisation supprime de nombreuses interven-
ns dangereuses ; elle introduit une grande sérénité
ns le travail par suite des télécontrôles et des
ransmissions phoniques, toutes choses qui ne
uvent qu'accroître la sécurité.
Résumé de la Revue.

). **H 541** Fiche n. **63.942**

BAWIN et H. DUBOIS. Machines à courant
ntinu de la série MCVC pour services lourds. —
vue ACEC, 1974, n° 3/4, p. 13/24, 28 fig.

.a nouvelle série des moteurs MCVC utilise des
hnologies implantées chez ACEC depuis plusieurs
nées, notamment l'isolation Nomicacec de classe F
'emploi de carcasses feuilletées. Toutefois, l'origi-
ité de ces moteurs réside dans leur adaptation aux
vices pour lesquels ils ont été étudiés et réalisés.
; auteurs de l'article exposent comment ont été
olus les problèmes de construction de la structure
base ; ils décrivent également les nombreuses va-
ntes de protection mécanique et de ventilation qui
rgissent considérablement le champ d'utilisation
ces moteurs. L'article se termine par quelques
nsidératicns relatives à la facilité d'inspection, de
lage et d'entretien des différents organes du mo-
r et de ses accessoires.
3iblio. : 3 réf.
Résumé de la Revue.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

). **I 9** Fiche n. **63.926**

CHATAIGNON et A. WINDENBERGER. Sta-
automatisée de fabrication de sels potassiques de
ange à l'usine Théodore des Mines de Potasse
lsace S.A. — **Industrie Minérale,** 1975, oc-
re, p. 461/467, 6 fig.

s'agit de l'opération qui consiste à mélanger, en
portions convenables, 2 produits composants : un
brut et un concentré pour obtenir un 3e produit dit
el de mélange » de teneur en K_2O intermédiaire
e. Rappel des principes concernant la régulation.
ations du mélange. Divers ordres de marche pos-
es. Réalisation pratique de la station de mélange.
considérations exposées sont de portée générale
r l'étude des mélanges.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE

IND. **J 30** Fiche n. **63.782**

X. What's new in maintenance from A to Z. *Ce qui est nouveau dans l'entretien de A à Z.* — **Coal Age,** 1975, octobre, p. 101/214, Nombr. fig.

Série d'articles consacrés à l'entretien dans les mines de charbon dont les coûts de production augmentent continuellement et où les machines utilisées sont de plus en plus complexes et soumises à des conditions de travail sévères. Six points clefs de l'entretien sont examinés : 1. Application de l'ordinateur au programme d'entretien, à la sélection d'outils manuels et mécaniques et au matériel spécial. 2. Analyse de l'huile de machines telles que mineur continu, camion-navette et locomotive Diesel. 3. Entretien des composants mécaniques, boîtes de vitesses, paliers, roulements, convoyeurs et câbles. Emploi de levier en céramique. 4. Entretien des composants électriques comme batteries, moteurs, circuit intégré et câbles. 5. Dépannage des systèmes hydrauliques et pneumatiques. 6. Formation du personnel pour le service entretien.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE

IND. **M 210** Fiche n. **64.139**

L. GRAINGER. Zukünftige Verfahren der Kohlenumwandlung. *Procédés futurs de transformation du charbon.* — **Glückauf,** 1975, 17 juillet, p. 670/674, 5 fig.

Analyse des propriétés des combustibles fossiles qui présentent comme avantages particuliers : la facilité de transport et de stockage, le réglage de la chaleur produite et des possibilités à partir de ces combustibles de fabrication de quantités de matériaux et de produits chimiques. Revue des procédés nouveaux de chauffe (en particulier par lit fluidisé), de transformation du charbon (par gazéification, par pyrolyse et par hydrogénation). Définition du Coalplex, un procédé Coalplex pour la fabrication de gaz utilisé de jour pour actionner une turbine et produire du courant et de nuit pour fabriquer du gaz naturel « synthétique ».
Biblio. : 4 réf.
Résumé Cerchar Paris.

P. MAIN-D'ŒUVRE — SANTE SECURITE — QUESTIONS SOCIALES

IND. **P 121** Fiche n. **64.112**

K.H. RAUCH. Die Unfälle im Bergbau der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich mit denen der gewerblichen Wirtschaft. *Les accidents dans l'industrie minière allemande par comparaison avec les autres industries.* — **Glückauf,** 1975, 17 avril, p. 374/379, 12 tabl.

Série de tableaux fournissant les renseignements statistiques sur les accidents survenus aux lieux de travail et sur le trajet pour s'y rendre, dans l'industrie charbonnière et les autres industries, pour les années 1970, 1971, 1972 et 1973. Répartition d'accidents suivant les différentes exploitations minières. Nombre d'accidents aux 100.000 postes dans les mines de charbon allemandes et ventilation suivant les causes. De 1970 à 1973, la fréquence d'accident pour 100 ouvriers assurés a baissé de 6,7 % pour l'ensemble des industries, pour l'industrie minière en général de 21,4 %, pour les charbonnages de 13,2 %.

Biblio. : 5 réf.

Résumé Cerchar Paris.

Q. ETUDE D'ENSEMBLE

IND. **Q 1100** Fiche n. **63.998**

H. DESVIGNES. Bilan des actions menées au cours de l'année écoulée pour améliorer la circulation de l'information. — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1974, n° 7, p. 353/358.

Bilan, depuis l'année dernière, de l'amélioration globale de la circulation de l'information dans un siège d'extraction ; un effort incontestable est poursuivi dans ce sens, et on en perçoit des résultats. 1. Ce qui se fait pour l'information descendante, par la hiérarchie (vers les ingénieurs, la maîtrise supérieure ou d'exécution, les ouvriers), par la voie syndicale vers les ouvriers, par les séminaires. 2. Créer les conditions favorisant la circulation de l'information descendante ou montante (structure hiérarchique des sièges, conditions matérielles facilitant le travail, conditions psychologiques, séminaires).

Résumé de la Revue.

IND. **Q 1141** Fiche n. **64.106**

F.C. ERASMUS. Die Entwicklung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier in den siebziger Jahren. *L'évolution de l'industrie houillère dans le bassin de Ruhr au cours des années 1970.* — **Glückau** 1975, 3 avril, p. 311/318, 9 fig.

La production de charbon en Ruhr est passée 150 Mio.t en 1957 à 95 Mio.t en 1974, le nomb des sièges d'extraction de 153 à 48, le personn employé de 600.000 à 200.000. La producti journalière par siège, par contre, a augmenté 3.160 t à 7.900 t. Description de la nouvelle orga sation du bassin et étude de la concentration d capacités de production. Progrès réalisés du point vue technique : les tailles sont passées de 1.372 av une production moyenne de 300 t/jour à 160 av une production moyenne de 1.116 t/jour. Le taux mécanisation de l'abattage qui était de 31 % 1957, est de 96 % en 1974, celui du soutèneme de 0,2 % est passé à 73,5 %. Importants progr réalisés également dans les travaux de creusement les travaux annexes, ainsi que dans les installatio de surface. Précautions à prendre pour garantir d capacités de production suffisantes à long terme.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **Q 1160** Fiche n. **63.96**

L.C. GATES. U.S.A.'s coal industry must be dev loped now. *L'industrie du charbon aux U.S.A. d être développée maintenant.* — **World Coal,** 197 novembre, p. 38/39.

Article court montrant que la productivité a dim nué en 1974 suite aux contraintes d'une législati paralysante et aux arrêts de travail. Seule la techn logie peut résoudre la crise énergétique aux US principalement à travers l'emploi de son charb (80 % de l'énergie disponible), mais qu'il faut en pl un climat économique favorable, une balance ratio nelle des politiques énergétique, d'environnement économique ainsi qu'une politique raisonnable d prêts de fonds publics.

IND. **Q 117** Fiche n. **63.91**

Y.M. JUNG, S. HSU et Coll. Deep seam mining the People's Republic of China. *Exploitation soute raine en République Populaire de Chine.* — **Wor Coal,** 1975, octobre, p. 22/24, 3 fig.

Une importante campagne minière de modernis tion et d'extension est entreprise dans le bass charbonnier de Kailan, un des plus importan centres de charbon à coke du Nord-Est de la Chine. production actuelle s'élève à 20 millions de L'épaisseur totale des veines est comprise entre 10 et 25,5 m ; 76 % des couches sont peu inclinées environ 90 % des veines sont des veines épaisses

e moyenne épaisseur ; 2/3 des réserves se trouvent plus de 1000 m de profondeur. Perspectives : Moernisation des mines anciennes — Ouverture de ouvelles mines, production annuelle entre 3 et 9 nillions de t — Machines d'extraction multicâbles utomatiques — Problèmes de ventilation — Conentration des transports souterrains et de l'extraction — Exploitation par tailles chassantes et rabattantes omplètement mécanisées — Mécanisation du reusement des galeries. Des essais d'abattage ydraulique ont été entrepris. Transport hydraulique. okéfaction à haute température du charbon. Industries chimiques dérivant du charbon. Tout le charbon rut sera lavé ; schistes pour le remblayage — mixtes t schlamms pour les centrales électriques — scories e ces centrales pour l'agriculture et matériau de onstruction. Eau d'exhaure pour l'irrigation.

ND. **Q 121** Fiche n. **64.100**

V. TILMANN. Die Entwicklung des europäischen Braunkohlenbergbaus. *L'évolution de l'exploitation lu lignite en Europe.* — **Glückauf,** 1975, 20 mars, . 267/271.

Les événements du monde pétrolier ont fait ressorir l'importance que présentaient du point de vue nergétique les ressources nationales en lignite, non eulement pour la RFA dont les réserves sont évaluées à 35 milliards de t, soit 11 milliards TEC pour la eule Rhénanie, mais aussi pour les autres pays tels ue les USA, le Canada et les pays socialistes de l'Est. a production rhénane de lignite atteint 110 millions le t en 1974 et 8 Mio.t en Bavière. Rapide étude des essources et production de lignite dans les pays uropéens de la Communauté et en dehors de la Communauté, qui demeurent faibles à l'exception de a Turquie dont le gisement d'Elbistan en Anatolie rientale renferme 3 milliards de t.

Résumé Cerchar Paris.

ND. **Q 121** Fiche n. **64.107**

. GÄRTNER. Die technische Entwicklung des heinischen Braunkohlenbergbaus sowie der Braunohlenverwendung. *L'évolution technique de l'exloitation du lignite rhénan et de sa valorisation.* — **Glückauf,** 1975, 3 avril, p. 318/324, 16 fig.

La production de lignite, liée à l'augmentation corélative du cube de terrains déplacés, de même que le endement a considérablement augmenté de 1950 à 975 : la production est passée de 20 Mio.t à près de 0 Mio.t, le cube de terrains déplacés de 27 Mio.m³ à 0 Mio.m³ et le rendement de 27 t/Hp à 72 t/Hp. es excavatrices à godet de 200.000 m³/jour ermettront de porter le rendement à 120 t/Hp. On prévoit l'emploi de bandes transporteuses de 3 m de largeur à une vitesse de 6 m/s. Problèmes posés par la nappe phréatique qu'il faut abaisser ; en Rhénanie on pompe 1,3 Mio.m³ d'eau/an, soit près de 12 t à la t de lignite. Répercussion de l'exploitation sur l'environnement. Modifications apportées dans l'utilisation du lignite qui maintenant est gazéifié, puis hydrogéné, ou transformé en coke moulé.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **Q 132** Fiche n. **63.971**

H. MEFFERT. L'exploitation des minerais métalliques — un problème européen. — **Industrie Minérale,** 1975, novembre, p. 515/521, 2 fig., 5 tabl.

L'étude se limite au plomb et au zinc. L'auteur expose d'abord les difficultés des producteurs : les prix sont fixés à la Bourse de Londres et ils doivent les subir. Les variations de prix de 1973 et 1974 ont posé des problèmes ardus. Il examine ensuite les ressources en minerais de la Communauté (Allemagne, Irlande, Groenland), la production des usines métallurgiques et leur alimentation en minerai importé. Evolution probable du marché.

IND. **Q 132** Fiche n. **64.102**

H. MEFFERT. Metallerzbergbau — ein europäisches Problem. *L'exploitation des minerais métalliques, un problème européen.* — **Glückauf,** 1975, 20 mars, p. 276/281, 2 fig., 5 tabl.

La RFA comme les autres pays de la CEE ne dispose de minerais métalliques qu'en proportions limitées. L'étude se limite à la production de plomb et de zinc. Tableaux fournissant la production et la consommation mondiale de plomb et de zinc de 1971 à 1974. Pour 1974, il a été produit 3,15 Mio.t de plomb et 5,48 Mio.t de zinc, pour une consommation mondiale de 4,32 et 5,89 Mio.t respectivement. Même tableau pour l'Europe et par pays. Variations des prix mondiaux de ces métaux dont les variations anormales de 1973 et 1974 gênent considérablement les investissements. Ainsi en 1974 par exemple, le prix du plomb a varié entre 128,5 DM et 200,3 DM les 100 kg, le prix du zinc à la Bourse de Londres a varié de 200 % entre les 2 extrémités. Possibilités de production des usines de plomb et de zinc de la CEE avec les quantités de minerais et de concentrés nécessaires et les problèmes que cela comporte.

Résumé Cerchar Paris.

IND. **Q 134** Fiche n. **63.983**

A. DESCHRYVER et J. ROLLAND. Voyage aux USA. — **Mines de Fer de France. Bulletin Technique,** 1975, 1er trimestre, p. 5/10, 9 fig.

Suite à un voyage aux USA pour étudier l'évolution du matériel minier, à l'occasion du « Mining Show » (aucun matériel nouveau n'a été présenté), les auteurs ont profité de ce séjour pour se faire une opinion sur les méthodes et techniques utilisées dans les mines de cuivre, de Trona, de charbon et de potasse de l'Ouest américain. L'article traite : *Méthodes* : souci du défruitement —le dépilage classique semble rejeté — le personnel y compris les cadres paraît réticent aux innovations suite à la perfection des méthodes classiques — utilisation de gros engins Diesel au fond peu répandue — la desserte par bandes avec concasseur mobile semble se généraliser. *Matériel et entretien* : standardisation du matériel — durée de vie des engins prolongée à des niveaux élevés — important parc d'engins de réserves — effectifs d'entretien faibles — faibles stocks des magasins. *Personnel* : manque de personnel — recrutement de mineurs britanniques en cours — moyenne d'âge : 23 ans — salaires uniformes d'une mine à l'autre (45 à 50 $/jour à l'abattage) — sécurité, impressions contradictoires. Monographie de 3 mines.

IND. **Q 32** Fiche n. **63.923**

H.P. JAMME et G. DACH. L'année du revirement dans l'exploitation houillère européenne. — **Industrie Minérale,** 1975, octobre, p. 439/450, 4 fig., 9 tabl.

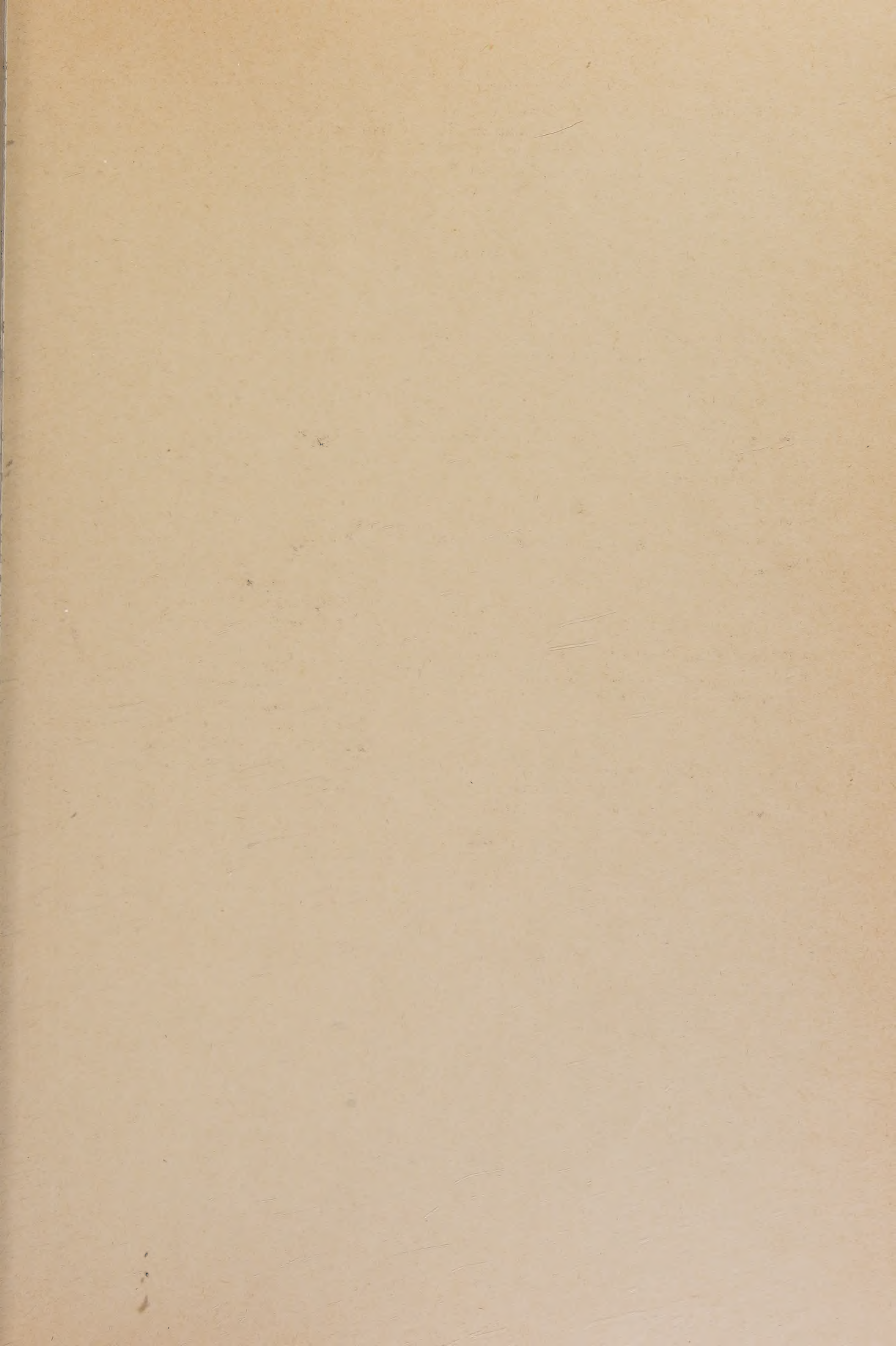
Article de synthèse faisant le point de la nouvelle politique charbonnière dans la Communauté Européenne à la suite de la crise du pétrole. Nombreuses données statistiques sur la production, la consommation, les stocks, le personnel, la productivité, les prix de revient et de vente en comparant avec le années précédentes. Projets d'investissements — état des recherches dans les domaines de l'extraction de la cokéfaction, de l'agglomération, de la gazéif cation et de la liquéfaction.

R. RECHERCHES — DOCUMENTATION

IND. **R 126** Fiche n. **63.98**

E.H. HUBERT. Le rapport Rasmussen sur la sécurit des réacteurs nucléaires. — **Electricité,** 1975, avri p. 9-16, 2 fig.

Le but de cet article est de présenter le rappo Rasmussen — Reactor Safety Study (RSS). Ce rap port est une étude destinée à obtenir des conclusion valables sur les risques d'accidents nucléaires dans l technologie actuelle. Ce document traite successive ment de la nature du risque en général (possibilité d perte ou de détérioration de santé ou de biens maté riels), de la nature des accidents en centrale nucléaires (perte de réfrigérant, surchauffe du com bustible, accidents impliquant la piscine de stockag du combustible irradié), de la méthodologie d'évalu ation des risques d'accidents de réacteur (probabilit et ampleur du relâchement de radioactivité, étude de conséquences de ce relâchement, évaluation d risque global), de leur comparaison avec les risque d'accidents non nucléaires dus à des phénomène naturels ou à des activités humaines. Les auteurs d ce rapport tirent des conclusions provisoires et for diverses recommandations. L'article se termine pa les remarques et conclusions personnelles d l'auteur.



Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel